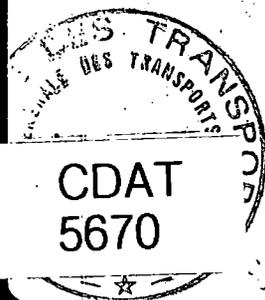
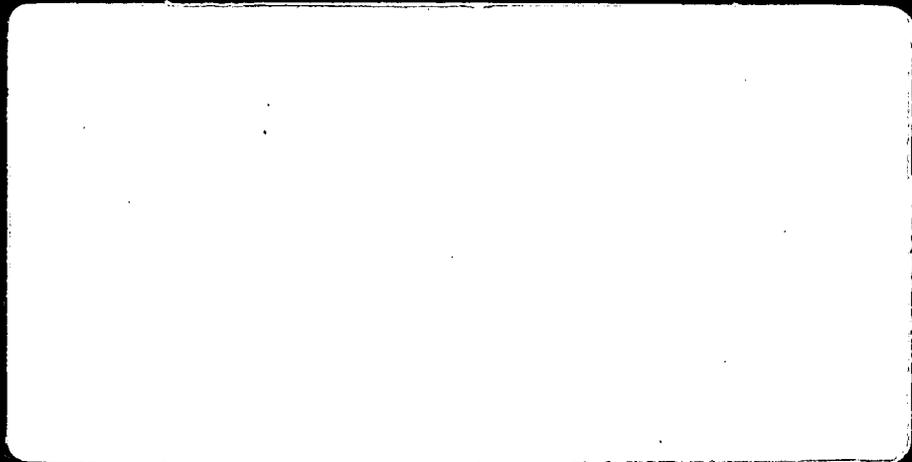


**SERVICE  
D'ANALYSE ECONOMIQUE**

**SAE**



**MINISTRE DES TRANSPORTS**

LES CONSOMMATIONS UNITAIRES  
D'ÉNERGIE  
DANS LES TRANSPORTS

Décembre 1979

Décembre 1979

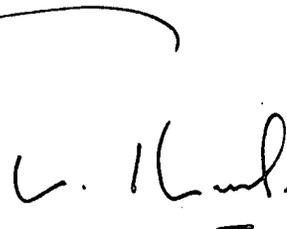
Le secteur des transports dépend à 95 %, pour son approvisionnement, des produits pétroliers. C'est pourquoi, la recherche d'économie d'énergie dans ce secteur est une nécessité prioritaire.

Elle requiert en premier lieu une connaissance précise de la structure des consommations et notamment des consommations unitaires, pour permettre un diagnostic efficace au niveau des différents modes de transport.

Un grand nombre d'idées reçues et très souvent fausses circulent à propos des consommations unitaires. C'est pourquoi il m'a semblé nécessaire, pour appréhender le problème de l'économie d'énergie dans le secteur des transports, de demander au service d'analyse économique de la direction générale des transports intérieurs, de recueillir et de rassembler sous une forme homogène les données nécessaires à une bonne connaissance de ces consommations.

Je tiens à remercier toutes les entreprises qui ont répondu avec diligence et précision aux demandes de renseignements qui leur étaient adressées.

Cet ouvrage qui est une base solide de recherches n'a pas d'autre prétention que de contribuer à clarifier les débats.

  
Joël LE THEULE

Cette étude a été réalisée  
au Service d'Analyse Economique  
de la Direction Générale des Transports Intérieurs  
par Alain FRYBOURG  
Ingénieur des Ponts et Chaussées

---

## S O M M A I R E

	pages
<u>INTRODUCTION</u> : les consommations d'énergie dans les transports	1
<u>1. NOTE METHODOLOGIQUE</u>	8
1.1. Champ de l'étude	9
1.2. Définition des concepts utilisés	10
1.3. Coefficients d'équivalence énergétique	14
1.4. Consommations accessoires et d'investissement	16
1.5. Exploitation des résultats et précautions d'emploi	18
1.6. Principales abréviations utilisées	21
<u>2. LES TRANSPORTS DE VOYAGEURS</u>	22
<u>2.1. Les transports urbains</u>	23
<u>2.1.1. Les transports urbains individuels</u>	23
a) les deux-roues	23
b) les petits véhicules urbains	25
c) les voitures particulières	26
<u>2.1.2. Les transports urbains collectifs</u>	30
a) les taxis	30
b) les autobus, minibus et autobus articulés	30
c) les trolleybus	33
d) les tramways, métros et funiculaires	34
e) les chemins de fer de banlieue	39
f) les autocars exploités en zone urbaine	41
<u>2.2. Les transports interurbains et internationaux</u>	42
<u>2.2.1. Les transports individuels</u>	42
a) les deux-roues	42
b) les petites voitures	44
c) les voitures particulières	45
<u>2.2.2. Les transports collectifs</u>	50
a) le transport routier par autocars	50
b) le transport ferroviaire	51
c) le transport par voie navigable	57
d) le transport aérien	58
e) le transport maritime	65
<u>2.3. Autres transports</u>	73
2.3.1. les hélicoptères	73
2.3.2. les téléphériques	74

3. <u>LES TRANSPORTS DE MARCHANDISES</u> .....	75
3.1. <u>Les transports urbains</u> .....	76
3.1.1. le transport routier .....	76
3.1.2. les autres transports .....	79
3.2. <u>Les transports interurbains et internationaux</u> .....	80
3.2.1. le transport routier .....	80
3.2.2. le transport ferroviaire .....	86
3.2.3. le transport par voie navigable .....	89
3.2.4. le transport aérien .....	90
3.2.5. le transport maritime .....	93
3.2.6. le transport par conduite .....	103
3.3. <u>Autres transports</u> .....	106
4. <u>LES MODES NOUVEAUX OU FUTURS</u> .....	108
4.1. <u>Note préliminaire</u> .....	109
4.2. <u>Les transports de voyageurs</u> .....	109
4.2.1. les transports urbains .....	109
4.2.2. les transports interurbains .....	110
4.3. <u>Les transports de marchandises</u> .....	111
 <u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	 112
 <u>ANNEXES</u> .....	 116
1. Les unités d'énergie et équivalences mécaniques .....	117
2. Les consommations unitaires d'énergie des transports de voyageurs (graphique) .....	118
3. Les consommations unitaires d'énergie des transports de marchandises (graphique) .....	119

INTRODUCTION

LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS

## INTRODUCTION

La présente étude se propose de fournir des éléments de comparaison entre les consommations d'énergie des différents modes de transport de voyageurs et de marchandises.

L'analyse des consommations met en évidence de multiples paramètres, et toute comparaison doit prendre en compte des données nombreuses et complexes telles que celles relatives aux transports terminaux, à la taille des lots, etc... L'étude présente n'effectue pas ces comparaisons, mais rappelle dans une note méthodologique, après avoir défini précisément le champ de l'étude et les concepts utilisés, quelles sont les principales précautions d'usage à prendre pour effectuer de telles comparaisons.

L'étude examine successivement les transports de voyageurs et de marchandises, puis évoque quelques modes d'avenir.

On a privilégié à dessein les renseignements numériques, au détriment du texte, afin d'offrir un ouvrage de référence, servant de base pour des études ultérieures. Pour tous les usages, il importe de bien lire préalablement l'ensemble des commentaires qui se rapportent aux tableaux.

L'analyse des consommations unitaires ne peut se passer de l'éclairage des consommations globales (ou des trafics) correspondants. On trouvera donc ci-après un rappel des grands postes de consommation de l'année 1978, ainsi que des principales évolutions de ces dernières années. On précisera par ailleurs dans le texte, pour certains modes particuliers (voiture particulière, fer), la structure de leur trafic, afin de saisir l'importance relative de ses diverses composantes.

LES CONSOMMATIONS D'ENERGIE DANS LES TRANSPORTS

1. VENTILATION DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES ENTRE LES DIFFERENTS MODES DEPUIS 1970

( en millions de tonnes-équivalent-pétrole )

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978 <sup>(1)</sup>
<u>Transport routier</u>	16,7	18,2	19,9	21,8	21,5	22,2	23,9	24,5	25,5
- essence et super	12,2	13,2	14,4	15,7	15,1	15,8	16,8	17,0	17,4
- gasole	4,5	5,0	5,5	6,1	6,4	6,4	7,1	7,5	8,2
Transport maritime	3,9	4,1	4,9	5,5	5,1	4,8	5,2	5,2	4,7
Transport aérien	1,5	1,5	1,7	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	2,3
Transport ferro- <sup>(2)</sup> viaire	2,0	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2
Divers <sup>(3)</sup>	0,4	0,6	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
TOTAL	24,5	26,2	28,8	31,8	31,2	31,6	33,9	34,7	35,4

( sources : C.P.D.P. et S.N.C.F. )

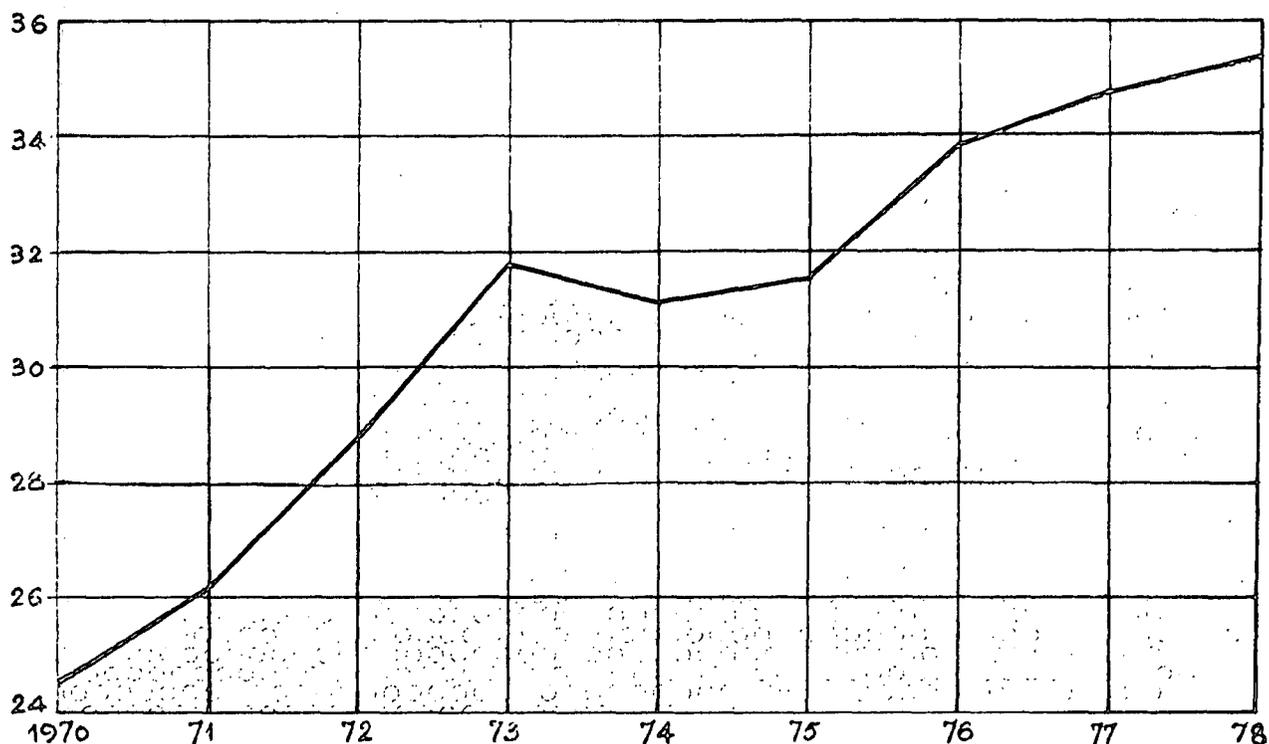
(1) chiffres provisoires

(2) SNCF et RATP

(3) dont bateaux de pêche et de plaisance.

ENERGIE CONSOMMEE DANS LES TRANSPORTS DEPUIS 1970

Millions de tonnes-équivalent-pétrole



Une croissance économique plus faible que prévue a sans doute apporté une contribution essentielle à la modération de la consommation d'énergie dans les transports.

Le volume d'énergie consommée dans les transports n'a augmenté que de 2,4% en 1977 et de 1,7% en 1978, alors que la croissance moyenne de ce poste avait été de plus de 9% entre 1970 et 1973.

2. VENTILATION DES CONSOMMATIONS PETROLIERES PAR PRODUITS DEPUIS 1976

( source : C.P.D.P. )

	milliers de T.E.P.			%		
	1976	1977	1978	1976	1977	1978
carburant auto (essence et super )	16750	16975	17587	51,3	50,8	50,9
gasole	7550	8030	8660	23,1	24,0	25,1
carburéacteur	2013	2132	2271	6,2	6,4	6,6
fuel oil domestique	603	596	799	1,8	1,5	2,3
soutes	5255	5279	4719	16,1	15,8	13,7
huiles moteurs	494	479	483	1,5	1,4	1,4
TOTAL	32665	33491	34519	100	100	100

La consommation de gasole croît fortement du fait du développement des moteurs diésel.

3. VENTILATION DES CARBURANTS ROUTIERS PAR MATERIELS DEPUIS 1976( estimations du Comité Professionnel du Pétrole )3.1. Essence et super

	milliers de m3.			milliers de T.E.P.			%		
	1976	1977	1978	1976	1977	1978	1976	1977	1978
<b>A - VEHICULES ROUTIERS</b>									
◦ Motocycles (cyclomoteurs, vélomoteurs, motocyclettes scooters)	565	571	600	420	425	446	2,5	2,5	2,5
◦ Voitures particulières, commerciales et taxis	17544	17920	18743	13035	13330	13917	77,8	78,5	79,2
◦ Véhicules utilitaires (camions, camionnettes, autocars)	4105	4000	4000	3050	2975	2970	18,2	17,5	16,9
Sous-total	22214	22491	23343	16505	16730	17333	98,5	98,5	98,6
<b>B. BATEAUX DE PECHE, PETITS CABOTEURS (ventes "sous douane")</b>	7	7	7	5	5	5	-	-	-
<b>C. TRACTEURS ET MATERIELS AGRICOLES</b>	155	141	135	115	105	100	0,7	0,6	0,6
<b>D. MOTEURS FIXES, BATEAUX DE PLAISANCE, etc....</b>	168	181	200	125	135	149	0,7	0,8	0,8
<b>TOTAL</b>	22544	22820	23685	16750	16975	17587	100	100	100

La poursuite de la diésélisation des petits véhicules utilitaires entraîne une baisse absolue de la consommation de ce poste.

3.2. Gasole

	milliers de m <sup>3</sup>			milliers de T.E.P.			%		
	1976	1977	1978	1976	1977	1978	1976	1977	1978
<b>A. VEHICULES ROUTIERS</b>									
o Voitures particulières et taxis à moteur diésel	949	1168	1450	790	975	1211	10,5	12,1	14,0
o Autocars et autobus (dont R.A.T.P. )	630 ( 51)	659 ( 52)	700 (53)	525 (42)	550 (43)	585 (44)	7,0 (0,6)	6,9 (0,5)	6,8 (0,5)
o Camionnettes et camions de moins de 3 t. de C.U. (6 t. de PTAC)	930	1251	1450	775	1044	1211	10,3	13,0	14,0
o Camions et autres véhicules utilitaires de 3 t. et plus de C.U.	6015	6000	6261	5010	5008	5228	66,3	62,4	60,4
Sous-total	8524	9078	9861	7100	7577	8235	94,1	94,4	95,2
<b>B. BATEAUX DE PECHE, ENGIN PORTUAIRES, etc. (marché "sous douane")</b>	540	539	503	450	450	420	6,0	5,6	4,8
<b>TOTAL</b>	9064	9617	10364	7550	8027	8655	100	100	100

La diésélisation des gros véhicules utilitaires étant achevée, la part des petits V.U. dans la consommation s'accroît, mais surtout, celle des voitures particulières à moteur diésel, dont le parc s'accroît de près de 25% par an.

4. VENTILATION CROISEE PAR PRODUITS ET PAR MODES DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES EN 1978

( source : Agence pour les Economies d'Energie, à partir des estimations du C.P.D.P. )

( en millions de tonnes-équivalent-pétrole - lubrifiants non compris )

	essence et super	carburé-acteur et essences spéciales	gasole et fuel-oil domestique	soutes	électricité	TOTAL
voitures particulières et commerciales	13,9		1,2			15,1
camions et camionnettes	3,0		6,4			9,4
motocycles	0,45					0,45
autocars et autobus			0,5			0,5
S.N.C.F. et R.A.T.P.			0,5		1,5	2,0
transport aérien		2,3				2,3
transport maritime				4,7		4,7
divers	0,15		0,6			0,75
TOTAL	17,5	2,3	9,2	4,7	1,5	35,2

CHAPITRE I

NOTE METHODOLOGIQUE

## 1. NOTE METHODOLOGIQUE

### 1.1. Champ de l'étude

On a cherché dans cette étude à être aussi exhaustif que possible dans le domaine des transports. Toutefois, pour des raisons d'accessibilité aux données, certains paragraphes n'ont pu être développés autant qu'il aurait été nécessaire. Par ailleurs, quelques indications sont données sur certains modes de transport utilisés à des fins autres que du transport proprement dit (vedettes de navigation touristique sur la Seine, aviation de tourisme, paquebots-croisière, téléphériques, manutention par hélicoptères) mais on n'a pas cherché à approfondir systématiquement ce domaine, et l'on ne trouvera donc rien, dans le transport maritime par exemple, sur les hors-bord, les yachts de plaisance ou encore les chalutiers.

Les données chiffrées ont été recueillies, dans la grande majorité des cas, auprès des transporteurs eux-mêmes, et, dans les cas où ce n'était pas possible, auprès des constructeurs de matériels de transport, des revues spécialisées, ou des services d'études et de recherche de l'administration (en ce qui concerne les transports individuels notamment).

Les sources ont toujours été citées, ainsi que les dates de référence des résultats.

En effet, les consommations unitaires varient assez lentement dans le temps, et l'on a toujours recherché les renseignements les plus récents, pris toutefois sur des périodes de durée suffisante pour éliminer les variations conjoncturelles ou saisonnières. Le plus souvent, les chiffres donnés sont des moyennes sur l'année 1978. On a limité volontairement l'étude aux consommations actuelles, sans chercher à prévoir l'évolution possible des consommations unitaires dans l'avenir.

Les possibilités d'économies d'énergie au niveau des consommations unitaires (c'est-à-dire sans agir sur la demande) sont importantes, et il sera nécessaire d'actualiser les chiffres périodiquement. On donne simplement quelques indications sur les consommations unitaires de certains modes nouveaux, en insistant sur la grande incertitude qui pèse encore sur celles-ci.

## 1.2. Définition des concepts utilisés

### a) Définitions et unités

Les différents modes de transport de voyageurs et de marchandises présentent une grande diversité au niveau des capacités, des distances parcourues, ou des formes d'énergie utilisées. Toute comparaison de consommations énergétiques nécessite de définir préalablement des indicateurs qui soient communs à tous les modes.

Les consommations unitaires étudiées dans ce rapport sont les indicateurs les plus fréquemment utilisés. Il peut en exister d'autres, comme on le verra par la suite.

Les consommations unitaires sont définies comme le rapport des consommations globales, exprimées dans une unité commune, le gramme-équivalent-pétrole, aux trafics correspondants, exprimés en passagers-kilomètres pour les voyageurs, en tonnes-kilomètres pour les marchandises. Les passagers-kilomètres sont obtenus par le cumul des kilomètres parcourus par chacun des passagers; la définition est analogue pour les tonnes-kilomètres.

Dans le cas particulier où les passagers (ou les tonnes) sont transportés sur toute la longueur du "trajet", le trafic peut se décomposer comme le produit du nombre de passagers (ou de tonnes) par la longueur du parcours. Le calcul des consommations unitaires est alors facilité (c'est le cas des parcours sans étape des avions ou des bateaux). La situation est très différente pour les trains, les autobus, ou les métros, où les passagers peuvent monter ou descendre sur toute la longueur du "trajet" (aux arrêts bien entendu). Il n'est pas possible alors de dissocier le calcul en deux étapes (en utilisant une consommation intermédiaire par unité de distance), et il faut rapporter directement la consommation au trafic.

Le trafic correspond à la satisfaction de la demande. On peut aussi rapporter les consommations à l'offre, c'est-à-dire au trafic maximal qui résulterait d'une utilisation à 100% des capacités sur l'ensemble des parcours effectués (sans ajouter de trajets supplémentaires).

Le rapport du trafic réel au trafic maximal est le coefficient de remplissage. C'est aussi le rapport de la consommation unitaire rapportée à l'offre à la consommation unitaire rapportée au trafic :

$$\text{consommation unitaire rapportée au trafic} = \frac{\text{consommation unitaire rapportée à l'offre}}{\text{coefficient de remplissage}}$$

Il ne faut pas confondre la consommation unitaire rapportée à l'offre avec la consommation unitaire "optimale" qui correspondrait à un coefficient de remplissage de 100%. La consommation croît en effet avec le remplissage, toutes choses étant égales par ailleurs, et la consommation unitaire optimale est donc toujours supérieure à la consommation unitaire rapportée à l'offre.

La consommation unitaire rapportée à l'offre sera toutefois toujours indiquée, soit parce qu'elle sert d'intermédiaire de calcul ( par exemple pour les voitures particulières ou les véhicules utilitaires, où l'on part de consommations spécifiques en litres aux cent kilomètres, que l'on divise par le nombre de places ou de tonnes offertes, puis par le coefficient de remplissage), soit simplement parce qu'elle permet de tester la sensibilité de la consommation unitaire rapportée au trafic au coefficient de remplissage, pour des variations de faible amplitude autour du point d'observation. Alors que la consommation unitaire rapportée au trafic est sensible à toutes les variations conjoncturelles, la consommation unitaire rapportée à l'offre, beaucoup plus stable, est surtout sensible aux évolutions structurelles.

Le calcul précis des consommations unitaires optimales nécessiterait des connaissances techniques approfondies sur tous les modes de transport (qui ne sont d'ailleurs pas toutes établies), et n'a donc pas été possible. Les différences avec les consommations unitaires rapportées à l'offre, dues aux surconsommations à pleine charge, sont très faibles pour le transport maritime, faibles pour la voie d'eau et le fer, et relativement élevées pour la route et le transport aérien; elles sont beaucoup plus significatives pour le transport de marchandises que pour le transport de voyageurs.

Il arrive fréquemment dans le transport de marchandises (route, fer, voie d'eau, transport maritime), et parfois dans le transport de voyageurs (taxis, avions charters), que certains trajets soient effectués à vide. Le coefficient de remplissage moyen est alors la résultante du remplissage sur les trajets en charge et du taux de parcours à vide. Afin d'éviter toute confusion, le remplissage moyen est appelé dans ce cas "coefficient d'utilisation", le remplissage en charge "coefficient de chargement", et le complément à 1 du taux de parcours à vide "coefficient de parcours en charge". Ces trois coefficients sont liés par la formule suivante :

$$\text{coef.}^t \text{ d'utilisation} = \text{coef.}^t \text{ de chargement} \times \text{coef.}^t \text{ de parcours en charge.}$$

Bien entendu, on a toujours :

$$\text{consommation unitaire rapportée au trafic} = \frac{\text{consommation unitaire rapportée à l'offre}}{\text{coefficient d'utilisation}}.$$

Les unités utilisées pour les consommations unitaires sont :

- pour le transport de voyageurs, le gramme-équivalent-pétrole par passager-kilomètre transporté (consommation unitaire rapportée au trafic), et le gramme-équivalent-pétrole par place-kilomètre-offerte, ou par siège-kilomètre-offert dans le cas de places assises (consommation unitaire rapportée à l'offre)
- pour le transport de marchandises, le gramme-équivalent-pétrole par tonne-kilomètre-transportée (consommation unitaire rapportée au trafic), et le gramme-équivalent-pétrole par tonne-kilomètre-offerte (consommation unitaire rapportée à l'offre).

## b) Problèmes spécifiques d'application

L'utilisation des concepts qui viennent d'être exposés peut se révéler mal adaptée à certains cas de transport de marchandises. Il arrive fréquemment qu'un camion, un wagon, un bateau ou un avion cargo soit rempli en volume sans l'être en poids, du fait de la faible densité des produits transportés. L'usage étant d'exprimer les trafics en tonnes-kilomètres, on obtient des remplissages inférieurs à 100% alors qu'il est physiquement impossible de remplir davantage. La consommation unitaire par tonne-kilomètre-transportée apparaît en conséquence plus élevée pour les frets légers que pour les frets denses. Le remplissage en volume étant de plus en plus fréquent, car la densité moyenne des frets a tendance à diminuer (baisse de la part des trafics de pondéreux, charbons et produits sidérurgiques notamment), il apparaît plus adapté d'exprimer dans ce cas le trafic en mètres-cubes-kilomètres qu'en tonnes-kilomètres, et le coefficient de remplissage en volume plutôt qu'en poids. Un autre indicateur s'impose alors pour comparer les consommations énergétiques : les consommations unitaires par mètre-cube-kilomètre (offert ou transporté).

Malheureusement, il n'a jamais été établi de statistiques en mètres-cubes-kilomètres, si bien que cet indicateur n'est pas utilisable à l'heure actuelle, sauf dans quelques cas particuliers (transport maritime). Faute de pouvoir faire des comparaisons entre modes à l'aide de cet indicateur, il n'a pas été employé dans cette étude.

Un autre problème spécifique se pose dans le cas du transport de distribution : les camionnettes de livraison urbaine se déchargent progressivement de leur marchandise au cours de la tournée, et il est extrêmement difficile de définir un trafic en tonnes-kilomètres en pondérant chaque unité de poids par la distance sur laquelle elle est effectivement transportée. Cette unité se révèle statistiquement inadaptée. Par ailleurs, on ne voit pas pourquoi il faudrait affecter une consommation unitaire plus élevée au trafic livré en fin de journée (lorsque le véhicule est presque vide), qu'à celui livré au début de la tournée (véhicule chargé), dans la mesure où on pourrait organiser la tournée autrement. Il paraît économiquement plus logique de définir le coefficient de remplissage comme le rapport du fret au début de la tournée à la charge utile du véhicule, plutôt qu'un remplissage physique moyen, et de considérer l'ensemble de la marchandise livrée comme si elle était intégralement transportée sur toute la longueur de la tournée.

Cela revient à définir le trafic comme le produit du tonnage au départ par la longueur de la tournée, et l'indicateur énergétique comme la consommation unitaire par tonne et par kilomètre. Par rapport aux concepts usuels, non accessibles statistiquement, le trafic est sensiblement doublé, et la consommation unitaire sensiblement divisée par deux. Bien entendu, il n'est pas possible de faire des comparaisons des consommations unitaires avec celles du transport à grande distance, puisque les définitions sont différentes. En multipliant par deux l'indicateur énergétique de la distribution, on obtient un ordre de grandeur de ce que serait l'indicateur usuel, s'il pouvait être calculé.

Si l'on revient au cas général, les coefficients de remplissage pour les transports de voyageurs et de marchandises sont définis respectivement comme les quotients des passagers-kilomètres-transportés aux places-kilomètres-offertes, et des tonnes-kilomètres-transportées aux tonnes-kilomètres-offertes. Pour un transport "sans étape", cela revient au même qu'un quotient de nombre de passagers par nombre de places, ou de nombre de tonnes transportées par nombre de tonnes offertes.

En revanche, pour un transport avec étapes (entrées et sorties de voyageurs, ou chargements et déchargements de marchandises), la pondération par le kilométrage entre en jeu, et la définition retenue pour le remplissage peut conduire à des chiffres différant sensiblement de ceux obtenus à partir d'autres définitions possibles, souvent plus proches de l'impression subjective. Ainsi, le remplissage d'un métro en milieu de ligne (rapport du nombre de passagers au nombre de places) peut être voisin de 70%, alors que le remplissage moyen pondéré n'est que de 18% : en effet, les bouts de lignes sont presque vides. De même, le remplissage des trains de banlieue apparaît bas, alors que les usagers arrivant à Paris ont la sensation de trains bondés : il faut penser que les trains sont presque vides en début de ligne (en banlieue) et se chargent progressivement vers Paris. Par ailleurs, les coefficients de remplissage indiqués sont des moyennes qui couvrent également les heures creuses et les jours fériés. On voit donc l'importance d'une définition très précise des coefficients de remplissage : celle qui est retenue permet de passer des consommations unitaires rapportées à l'offre aux consommations unitaires rapportées au trafic.

On rencontrera dans le cours du texte un certain nombre de cas (avions, ferries, aéroglisseurs) où le mode de transport considéré emporte à la fois des voyageurs et des marchandises (fret ou voitures). Toute solution de répartition de la consommation entre les voyageurs et les marchandises présente des avantages et des inconvénients. Le choix dépend de l'exploitation qui est envisagée. Pour chacun de ces problèmes de produits liés, on a proposé une solution, appuyée par des arguments (voir dans le texte).

Enfin, en ce qui concerne le transport maritime, hormis le problème du remplissage en volume, déjà cité, se sont posés deux problèmes spécifiques :

- La capacité, ou "port en lourd utile", a été obtenue en enlevant du "port en lourd" proprement dit (notion couramment utilisée dans la marine pour désigner le poids total que peut charger le navire), les soutes et les approvisionnements divers (avitaillements, eau, provisions de bord). Ces derniers étant variables selon les voyages, la capacité n'est pas constante, et l'on a indiqué seulement une moyenne approchée. Dans certains cas, faute de renseignements, on a utilisé le port en lourd sans corrections, ce qui a pour conséquence une légère sous-estimation de la consommation unitaire rapportée à l'offre et du coefficient de remplissage, pouvant aller de quelques pour cent pour les petits bateaux, à quelques pour mille pour les plus gros.
- La plupart des consommations indiquées dans le texte sont des moyennes sur l'ensemble des parcours, y compris les parcours sur lest (c'est-à-dire à vide), s'il y en a. Toutefois, certains armateurs ont fourni des consommations enregistrées sur les parcours en charge seulement. Bien que la consommation d'un bateau varie peu en fonction de son chargement - elle est à peu près proportionnelle à la puissance  $2/3$  du "déplacement" du navire, c'est-à-dire de son poids total -, on précise toujours dans le texte s'il s'agit de consommations moyennes, ou observées sur les parcours en charge seulement. La consommation unitaire rapportée à l'offre sur l'ensemble des parcours est légèrement inférieure (de quelques pour cent) à celle déterminée sur les seuls parcours en charge. La consommation unitaire rapportée au trafic se déduit de la précédente par les coefficients habituels.

### 1.3. Coefficients d'équivalence énergétique

Pour comparer des consommations de produits pétroliers, d'électricité, ou de gaz, il faut une unité commune. L'unité couramment retenue est le gramme-équivalent-pétrole ( gep ).

Les coefficients d'équivalence utilisés dans ce rapport sont les suivants :

<u>- produits pétroliers</u>		
1 litre de mélange 2 temps	= 700 gep	} moyenne pondérée = 744 gep } carburant auto
1 litre d'essence ordinaire	= 722 gep	
1 litre de supercarburant	= 748 gep	
1 litre d'essence aviation	= 740 gep	
1 litre de carburéacteur	= 790 gep	
1 litre de gasole (ou diésel-oil)	= 830 gep	
1 litre de fuel-oil	= 830 gep	
<u>- électricité</u>		
1 kilowatt-heure	= 241 gep	
<u>- gaz</u>		
1 kilo de gaz de Groningue	= 873 gep	} moyenne pondérée = 1060 gep } Gaz de France
1 kilo de gaz de Lacq	= 1209 gep	

Le choix de ces coefficients d'équivalence a été dicté par les considérations suivantes :

- Pour les produits pétroliers, il est d'usage dans les statistiques officielles de retenir simplement pour critère d'équivalence la densité ( un gramme de produits pétroliers - et non pas un gramme de pétrole brut - valant un gramme-équivalent-pétrole). Il faut toutefois noter que la densité ne reflète pas précisément la quantité de pétrole brut nécessaire pour produire le carburant considéré, surtout en ce qui concerne les produits blancs, qui sont les produits les plus élaborés du raffinage.

Ainsi, il faudrait multiplier les coefficients d'équivalence du gasole par 1,02, de l'essence ordinaire par 1,07 et du supercarburant par 1,12 pour obtenir le nombre de grammes de pétrole effectivement nécessaire.

- Pour l'électricité, on a repris le chiffre du rapport Merlin (cf. bibliographie), justifié par une note de l'Agence pour les Economies d'Energie (cf. bibliographie) se basant notamment sur des informations fournies par E.D.F. Une grande diversité de chiffres peuvent être trouvés dans diverses publications.

Si l'on élimine les coefficients de substitution au niveau de l'usage (effet Joule : 1 kWh = 86 gep) et que l'on s'intéresse uniquement aux coefficients à la production (rendements de conversion), il reste une fourchette s'étendant de 222 gep (chiffre cité dans le recueil de données sur l'énergie d'E.D.F., et retenu par le Commissariat Général du Plan) à 250 gep (chiffre retenu par l'A.E.E., sans doute du fait de sa commodité), en passant par 236 gep et 241 gep (chiffre du rapport Merlin). Ce dernier chiffre intègre le parc de centrales n'appartenant pas à E.D.F. Les principales divergences tiennent aux rendements retenus dans les calculs pour les différentes catégories de centrales, ou aux différences d'énergie nécessaire à la production d'un kWh thermique marginal et d'un kWh thermique moyen.

Il faut noter par ailleurs que le coefficient d'équivalence choisi, quel qu'il soit, est appelé à évoluer, du fait du développement des centrales nucléaires, et de la reconversion au charbon de certaines centrales à fuel.

- Enfin, pour le gaz, les coefficients d'équivalence sont déterminés à partir des capacités calorifiques ( le gaz naturel ne pouvant être produit à partir du pétrole). Cette solution semble défavoriser le gaz dans les comparaisons.

La S.N.C.F. et la R.A.T.P. utilisent pour le gasole et l'électricité les coefficients d'équivalence suivants :

1 litre de gasole = 850 gep  
1 kilowatt-heure = 250 gep.

Le premier chiffre correspond à la quantité de pétrole brut effectivement nécessaire à la production d'un litre de gasole.

Compte tenu du tableau qui précède, il est facile de retrouver par une homothétie les chiffres fournis par ces entreprises, ou de se raccorder à tout autre système de coefficients d'équivalence, ou encore de remonter aux volumes de carburant ou kilowatts-heures consommés.

Pour conclure sur ce sujet, on peut dire que tous les systèmes de coefficients d'équivalences énergétiques relèvent au moins autant de conventions que d'équivalences physiques établies.

Voici pour terminer, la clé de passage des unités marines aux unités usuelles :

1 mille marin = 1,852 km	—	1 noeud = 1 mille/heure = 1,852 km/h.
--------------------------	---	---------------------------------------

#### 1.4. Consommations accessoires et d'investissement

- Tous les chiffres indiqués dans cette étude correspondent, sauf mention contraire, aux consommations directement nécessaires à la traction ou à la propulsion. Or il existe dans la plupart des modes de transport des consommations accessoires, qui ne servent pas à la traction ou à la propulsion proprement dites, mais sont directement liées à l'exploitation, sans pouvoir le plus souvent être évitées.

Le tableau qui suit passe en revue les principales consommations accessoires dans les différents modes :

Mode	Consommations accessoires	Dissociabilité des consommations principales
deux-roues voitures particulières véhicules utilitaires	consommations des auxiliaires : phares + essuie-glaces, dégivrage, chauffage + opérations de chargement-déchargement	non dissociables non dissociables autonomes ou non
autobus, autocars trolleybus, tramways métros	consommations des auxiliaires + parcours "haut le pied" (sans passagers) + pertes en ligne + éclairage force, escaliers mécaniques	non dissociables dissociables non dissociables dissociables
chemins de fer	auxiliaires, éclairage, ventilation préchauffage, manoeuvres, triages	non dissociables dissociables
avions	éclairage, ventilation	non dissociables
bateaux	chaudières, groupes électrogènes + installations spécifiques (propaniers) + opérations de chargement-déchargement + mouvement des écluses (voie navigable)	dissociables en général non dissociables des précédentes autonomes ou non autonomes

La plupart des consommations accessoires dissociables font l'objet d'évaluations dans le texte.

- On citera seulement pour mémoire les consommations d'énergie entraînées par les investissements, soit pour réaliser les infrastructures, soit pour construire les véhicules de transport eux-mêmes. Ces consommations sont importantes, et ne doivent pas être négligées dans un bilan global. Toutefois, dans cette étude, on s'est limité aux consommations liées à l'exploitation, le problème de l'évaluation des consommations liées aux investissements étant en effet très vaste et très complexe, et nécessitant des études spécifiques approfondies.

Concernant les infrastructures, on pourra prendre connaissance de l'étude de la Direction des Routes et de la Circulation Routière, citée dans la bibliographie. Pour fixer les idées, on peut retenir que l'équivalence énergétique de la construction d'un kilomètre d'autoroute (1000 t.e.p.) représente la consommation d'un trafic de 10.000 véhicules/jour pendant cinq ans sur le kilomètre en question.

Concernant les véhicules, les évaluations des constructeurs d'automobiles (citées par l'I.R.T.), chiffrent à 1,48 t.e.p. la consommation d'énergie nécessaire à la fabrication d'une voiture d'un poids moyen de 910 kg, consommation qui se décompose comme suit :

- |  |   |
|--|---|
| - contenu énergétique des matériaux constitutants :                          | plus de 50% (dont la moitié dans l'acier de la carrosserie) |
| - énergie de fabrication du véhicule :                                       | environ 20%   |
| - énergie de fabrication des pièces :  | moins de 20%  |
| - dépenses indirectes internes aux entreprises (transports de pièces, etc) : | moins de 10%.   |

A cette consommation, qui représente environ 1,5 fois la consommation annuelle de carburant d'un véhicule, il faudrait ajouter le contenu énergétique (fabrication et constituants) des pièces de rechange nécessaires aux réparations effectuées au cours de la vie du véhicule, soit environ 20 à 30% d'énergie supplémentaire.

### 1.5. Exploitation des résultats et précautions d'emploi

- Toutes les consommations unitaires calculées sont des consommations unitaires moyennes et non des consommations unitaires marginales. Elles peuvent donc servir à des comparaisons macroéconomiques, à éclairer les choix en matière de politique énergétique dans les transports, mais non à fonder des choix individuels entre modes.

Si l'on considère par exemple un cyclomotoriste qui doit faire un trajet dans Paris, et qui hésite à prendre le métro ou son cyclomoteur, la comparaison des consommations unitaires, 15,4 gep/pkt pour le cyclomoteur et 23,6 gep/pkt pour le métro, semble être en faveur du cyclomoteur. En fait, la solution la moins coûteuse sur le plan énergétique serait que le cyclomotoriste prenne le métro, car la consommation supplémentaire -ou marginale- qu'il engendrerait en prenant son cyclomoteur serait égale à la consommation moyenne de celui-ci, tandis que la consommation marginale du métro engendrée par ce passager supplémentaire est pratiquement nulle.

Le calcul des consommations unitaires marginales nécessiterait des connaissances techniques approfondies sur tous les modes de transport, et n'a pu être effectué dans le cadre de cette étude. Toutefois, on peut estimer qu'elles sont très faibles pour le transport collectif de personnes et le transport maritime de marchandises, faibles pour le transport de marchandises par la voie d'eau et le fer, et relativement élevées pour le transport individuel de personnes et le transport de marchandises par la route et par l'air. Concernant le transport de personnes, elles peuvent être beaucoup plus fortes en périodes de pointe qu'en périodes creuses.

- On rappelle que les consommations unitaires rapportées à l'offre ne doivent pas être prises pour des consommations unitaires optimales, auxquelles elles sont toujours inférieures.
- Tout jugement énergétique porté sur un mode ne doit pas se fonder seulement sur les consommations unitaires, mais également sur les consommations globales ( ou trafics ) correspondants. Ainsi, cela n'aurait aucun sens de porter un jugement sévère sur l'hélicoptère parce que ses consommations unitaires sont élevées, alors que la consommation totale de ce mode ne représente qu'une part infinitésimale de la consommation énergétique globale.
- Par ailleurs, tout jugement d'ensemble porté sur un mode ne doit pas se fonder uniquement sur le critère énergétique, mais bien évidemment aussi sur tous les critères de qualité de service ( confort, vitesse, sécurité, liberté, etc... ), et avantages particuliers propres à ce mode ( par exemple les services spécifiques offerts par l'hélicoptère ).

On s'est efforcé, dans la mesure du possible, de préciser un certain nombre de ces critères, notamment la vitesse et la capacité, en face des consommations unitaires correspondantes, afin de donner une description plus complète des caractéristiques du mode considéré.

- Pour faire des comparaisons entre modes, il faut prendre en compte l'ensemble de la chaîne de transport, y compris les transports terminaux. Concernant le transport de voyageurs, on pourra se reporter aux chiffres indiqués pour les taxis, les autocars d'Air France, les autobus d'Aéroport de Paris, la R.A.T.P., les voitures particulières et les deux-roues en ville. Concernant le transport de marchandises, on utilisera les données relatives au transport à courte distance ou à la distribution urbaine.

Un autre problème important dans les comparaisons est celui des distances équivalentes. Si un usager va de Paris à Marseille en voiture, il parcourt 777 km; en train, il parcourt 863 km, et en avion 665 km, alors que la distance à vol d'oiseau (distance orthodromique ou "ortho") n'est que de 630 km. La distance en avion est un peu supérieure à la distance ortho du fait des couloirs de circulation aérienne. Le trafic engendré par cet usager sera respectivement de 777 p.k.t., 863 p.k.t., 665 p.k.t., et 630 p.k.t, et la consommation unitaire rapportée à ce trafic sera minorée pour les modes "longs" ( train, ou voie navigable pour les marchandises) par rapport aux modes plus "courts" (route et surtout avion). Or, dans tous les cas, l'usager part d'un même point de départ pour arriver à un même point d'arrivée ( aux transports terminaux près, qui jouent peu sur la distance ). Il apparaît donc plus logique, pour effectuer des comparaisons, de rapporter les consommations à un même trafic pour tous les modes, en corrigeant les distances respectives de chaque mode. En toute rigueur, le coefficient de correction devrait être différent pour chaque liaison. Pratiquement, on utilise des coefficients moyens, avec toutefois une distinction selon les distances pour le transport de voyageurs, et selon les types de trafics pour le transport de marchandises par fer. Voici une table des coefficients de correction de trafic à utiliser pour les comparaisons intermodales ( on prend pour base de référence la distance route, mais on pourrait prendre aussi bien la distance ortho) :

- transport de voyageurs

On utilise les régressions établies par Air Inter à partir de l'analyse de 45 liaisons ; les distances des différents modes sont exprimées en fonction des distances ortho par des relations linéaires :

$$D_{\text{mode}} \text{ ( km )} = a D_{\text{ortho}} \text{ ( km )} + b$$

avec pour l'air,  $a = 1,031 - b = 53$  (  $R^2 = 0,98$  )

pour la route,  $a = 1,244 - b = 3$  (  $R^2 = 0,96$  )

pour le fer,  $a = 1,374 - b = -3$  (  $R^2 = 0,92$  ).

On en déduit les coefficients de correction de trafic pour des distances ortho de 500 et 1000 km :

base : distance route = 1	coefficients de correction de trafic	
	$D_{\text{ortho}} = 500 \text{ km}$	$D_{\text{ortho}} = 1000 \text{ km}$
distance ortho	1,250	1,247
distance air	1,098	1,150
distance route	1,000	1,000
distance fer	0,914	0,910

consommation unitaire corrigée = $\frac{\text{consommation unitaire brute (2)}}{\text{coefficient de correction de trafic (1)}}$
--

(1) suivant distance routière

(2) suivant distance taxée.

### Remarques importantes

Dans le cas de l'air, les vitesses commerciales moyennes, les trafics, et donc les consommations unitaires, sont généralement exprimés à partir des distances ortho et non des distances air. Il faut donc appliquer les coefficients de correction de trafic calculés pour les distances ortho.

Dans le cas du fer, les distances sont des distances taxées ( qui peuvent être inférieures aux distances réelles, surtout dans le cas des marchandises), mais les coefficients sont calculés par rapport à ces distances taxées.

Dans tous les autres modes, les chiffres indiqués dans le texte sont rapportés aux distances brutes du mode considéré.

#### - transport de marchandises

Pour le fer, on utilise les coefficients de correction de trafic suivants :

- régime ordinaire (RO)	0,92
o trains complets et assimilés	0,997
o lotissements (wagons isolés et rames)	0,88
- régime accéléré (RA)	0,88
<hr/>	
ensemble wagons complets	0,91
détail et colis	0,88
<hr/>	
ensemble marchandises	0,91.

Pour la voie navigable, on utilise un coefficient moyen de 0,725.

Ce coefficient peut varier fortement suivant les voies d'eau, en plus pour la Saône ou le Rhin qui sont très droites, en moins pour la Seine, dont les méandres rallongent considérablement la distance de transport.

Pour le transport maritime, les situations sont très variables, et l'on ne peut avancer de chiffre moyen :

la distance maritime est en effet peu différente de la distance ortho pour de courtes traversées telles que celles de la Manche ou de la Côte d'Azur vers la Corse, mais elle en diffère très sensiblement pour de longs voyages tels que ceux des porte-conteneurs de l'Europe vers le Japon (qui sont en concurrence avec le transsibérien), du fait des côtes à contourner.

Pour le transport par conduite enfin, on utilise un coefficient égal à 1,00, les distances par route et par conduite étant en effet très voisines.

Ces coefficients moyens ont été établis en tenant compte de la structure des trafics des divers modes considérés, par la Commission des Comptes des Transports de la Nation.

- Pour les bateaux, la dispersion des consommations unitaires peut être très grande suivant les conditions d'exploitation. La vitesse est une cause de variation importante : la consommation varie en effet, toutes choses étant égales par ailleurs, comme le cube de la vitesse. On ne s'étonnera donc pas de trouver une grande diversité dans les chiffres indiqués. Afin d'illustrer cette diversité, on a interrogé, toutes les fois que cela était possible, plusieurs armateurs pour chaque type de trafic.
- Selon la nature des comparaisons à effectuer, on prendra en compte ou non les consommations accessoires. Pour les comparaisons intermodales, il est généralement nécessaire de les intégrer.
- Enfin, pour tout usage des consommations unitaires indiquées dans le chapitre consacré aux modes nouveaux, on se montrera très prudent, celles-ci, encore mal connues, devant être considérées seulement comme des ordres de grandeur.

### 1.6. Principales abréviations utilisées

Les principales abréviations utilisées dans le corps du texte sont les suivantes :

p.k.o.	place-kilomètre-offerte
s.k.o.	siège-kilomètre-offert
p.k.t.	passager-kilomètre-transporté
T.K.O.	tonne-kilomètre-offerte
T.K.T.	tonne-kilomètre-transportée
g.e.p.	gramme-équivalent-pétrole
t.e.p.	tonne-équivalent-pétrole
kWh	kilowatt-heure
l	litre
n.d.	chiffre non disponible.

---

CHAPITRE 2

LES TRANSPORTS DE VOYAGEURS

2. LES TRANSPORTS DE VOYAGEURS2.1. Les transports urbains2.1.1. Les transports urbains individuelsa) Les deux-roues

\*Les cyclomoteurs { cylindrée limitée à 50 cm<sup>3</sup>,  
 ( vitesse limitée par construction à 45 km/h.)

modèle	spécifications	consommation spécifique en l/100 km	gép/s.k.o.o. (1 place)	gép/p.k.o.t. (1,0 passager)
Vélosolex	vitesse n'excédant pas 35km/h	1,3	9,1	9,1
Cyclomoteur moyen	-	2,2	15,4	15,4
Cyclomoteur de haut de gamme	automatique, à cadre ouvert	2,5 (à 3)	17,5	17,5

Remarques

- Le carburant utilisé est un mélange à 3% d'huile ( densité 0,70).
- Les consommations sont surtout sensibles au poids, ainsi qu'au relief; elles sont peu différenciées suivant l'usage urbain (prédominant) ou non urbain.
- Le transport d'un second passager est autorisé si celui-ci a moins de 14 ans; il demeure marginal.
- Source utilisée : essais Motobécane 1979 sur toutes marques.

\*Les vélomoteurs ( cylindrée limitée à 125 cm<sup>3</sup> )

modèle	carburant et densité	consommation spécifique urbaine en l/100km	gep/s.k.o (2 places)	gep/p.k.t. (1,1 passager)
2 temps (60% du parc environ)	mélange 0,70	4,5	15,8	28,6
4 temps (40% du parc environ)	super (1) 0,748	3,5	13,1	23,8

(1) L'essence ordinaire est également utilisée ( densité 0,722 ).

Remarques

- Les consommations sont sensibles au poids et au style de conduite ; elles sont relativement peu différentes en ville et sur route.
- Les performances des deux-temps sont supérieures en général à celles des quatre-temps.
- Il n'existe pas de statistiques précises sur le nombre moyen de passagers : il est estimé en ville à 1,1 (90% de conduite en solo ).
- Source utilisée : essais Motobécane 1979 sur toutes marques.

\*Les motocyclettes ( cylindrée supérieure à 125 cm<sup>3</sup> )

- Les consommations sont très sensibles au style de conduite mais assez peu à l'usage en ville ou sur route. On se reportera au paragraphe sur les transports interurbains pour le tableau des consommations. La principale différence en mode urbain concerne le nombre moyen de passagers, estimé à 1,1 en ville contre 1,3 sur route.
- En usage irraisonné ( coups de frein et accélérations répétés ), la consommation peut atteindre 8 à 10 l/100 km, soit :

\* 30 à 37 gep/s.k.o.

\* 54 à 68 gep/p.k.t.

b) Les petits véhicules urbains\* Les cyclomoteurs carrossés

15% seulement du parc est utilisé en ville. La consommation diffère peu en ville et sur route. On se reportera pour tous renseignements au paragraphe sur les transports interurbains.

\* Les tricycles et quadricycles à moteur

Ce sont des véhicules dont le poids à vide n'excède pas 400 kg, équipés d'un moteur thermique (2 temps) de cylindrée inférieure à 125 cm<sup>3</sup>. Ils sont assimilés à des vélomoteurs.

Leur usage est plus développé en zone urbaine que pour les cyclomoteurs carrossés.

nombre de places	consommation spécifique en ville en l/100 km	carburant et densité	gép/s.k.o.	gép/p.k.t. (1,1 passager) estimation
2	3 à 4	mélange 0,70	11 à 14	19 à 25

Source : Fédération Française de la Carrosserie ( 1979 ).

### c) Les voitures particulières

Une bonne connaissance des consommations des voitures particulières n'est pas aisée car les principaux utilisateurs sont des particuliers, qui connaissent souvent très mal les consommations de leurs véhicules.

L'enquête Transports 1973-74 comportait d'ailleurs une question sur la consommation : les réponses ont été généralement largement sous-estimées, surtout en ville. La voie d'enquête paraît donc peu propice à l'obtention de renseignements précis.

L'approche macroéconomique est une seconde voie possible. Malheureusement, elle ne permet absolument pas une analyse fine, les consommations n'étant connues que globalement, et toute répartition de celles-ci étant nécessairement fondée sur des hypothèses qui se retrouvent dans les résultats.

Une troisième voie consiste à procéder à des essais; c'est celle qui est abordée ici. Les mesures peuvent être soit en situation réelle, soit dans des conditions normalisées.

L'Agence pour les Economies d'Energie publie chaque année une liste de consommations normalisées par véhicule, à 90 km/h, à 120 km/h et en parcours urbain encombré. Toutes ces consommations sont mesurées sur banc à rouleaux, les deux premières (sensées représenter les consommations sur route et sur autoroute) à vitesse stabilisée, la consommation en zone urbaine étant simulée par le "cycle Europe" défini par la C.E.E.

Tous ces essais sont réalisés sur des véhicules pratiquement neufs, bien réglés, et en commençant les mesures moteur à chaud.

Les consommations publiées par l'A.E.E. sont optimales. Elles sont essentiellement destinées à permettre de comparer entre eux les différents modèles proposés sur le marché.

Les consommations moyennes observées dans la réalité leur sont toujours supérieures, pour trois séries de raisons :

- raisons liées à l'environnement : les vitesses pratiquées sur route et sur autoroute ne sont jamais constantes (ralentissements et accélérations dus à la congestion, au relief ou à la sinuosité de la chaussée); les conditions météorologiques influent aussi sur la consommation (usage des auxiliaires, du starter par temps froid...)
- raisons liées au véhicule : les modèles produits en série ne sont pas rigoureusement identiques; le moteur est plus ou moins bien réglé; certains accessoires, tels que la galerie de toit, influent sur la consommation
- raisons liées au conducteur : le style de conduite peut aboutir, toutes conditions égales par ailleurs, à des écarts de consommation de 10 à 15%.

De plus, les consommations en ville sont généralement majorées pour les déplacements à courte distance (les plus nombreux), car le moteur n'est pas encore chaud et fonctionne donc avec un moins bon rendement.

On essaiera donc ici de fournir des consommations plus proches de la réalité, en se basant essentiellement sur les essais réalisés par l'Institut de Recherche des Transports dans des situations réelles (cf. bibliographie).

La démarche employée consiste à rassembler les résultats des essais réalisés sur trois modèles de véhicules jugés représentatifs des bas de gamme, milieu de gamme et haut de gamme, pour différents types de réseaux, puis à effectuer une moyenne pondérée sur l'ensemble du parc et l'ensemble des réseaux considérés.

Les nombres de places assises et les taux d'occupation moyens des véhicules permettent de calculer des consommations unitaires. Les coefficients de remplissage sont assez mal connus : on se basera sur l'enquête Transport 1976 de la D.R.E.I.F. pour la région parisienne, sur l'enquête ONSER réalisée en 1973-74 à Nancy pour les autres grandes villes, et sur les enquêtes annuelles ONSER-SETRA pour les petites agglomérations ainsi que les routes et autoroutes (les petites agglomérations seront plutôt considérées comme des points de passage du trafic interurbain, et ne seront pas examinées dans ce paragraphe consacré aux transports urbains).

Voici les principaux résultats qui ont pu être rassemblés :

type d'agglomération	nombre d'occupants par véhicule	consommations spécifiques (litres/100 km) (1)				consommations unitaires gep/s.k.o.				consommations unitaires gep/p.k.t.			
		bas de gamme	milieu de gamme	haut de gamme	toutes gammes confondues	bas de gamme	milieu de gamme	haut de gamme	toutes gammes confondues	bas de gamme	milieu de gamme	haut de gamme	toutes gammes confondues
Paris et sa banlieue	1,3	10,6	9,5	12,8	11	20	14	19	17	61	55	74	62
autres grandes villes	1,6	10,5	9,9	13,4	11	20	15	20	18	49	46	63	52
ensemble des grandes agglomérations	1,4	10,5	9,6	13,0	11	20	14	19	18	57	52	70	59

(1) carburant : super (densité 0,748).

#### Commentaires du tableau

- Le bas de gamme couvre les véhicules de moins de 6 CV, le milieu de gamme ceux de 6 à 10 CV, et le haut de gamme ceux de plus de 10 CV. Les véhicules testés pour ces trois catégories sont respectivement la Renault R5 TL, la Renault R 12 TL et la Peugeot 504 GL.

- Les essais pour les "autres grandes villes" ont été réalisés dans trois villes de plus de 100.000 habitants.

- Tous les essais ont été effectués avec des véhicules bien réglés (ce qui n'est pas le cas pour le véhicule moyen en France), avec commencement des mesures moteur à chaud. On verra plus loin comment on peut corriger les consommations obtenues pour représenter certaines situations réelles.

- On peut être surpris de constater que la R 12 semble consommer moins en ville que la R5. Ceci peut provenir des conditions météorologiques des essais, qui ont une influence importante sur la consommation urbaine : les essais de la R12 ont été réalisés en été, à 20°C de température moyenne, ceux de la R5 en janvier à 10°C, et ceux de la 504 de même à 8°C. La R5 a toutefois été testée à deux séries de températures, et l'I.R.T. en a déduit une loi approchée de variation de la consommation C en fonction de la température T (en degrés Celsius) :  $\Delta C = -0,2 \Delta T$ . Les résultats indiqués pour la R5 sont calculés à la température de 14°C à l'aide de cette loi (température proche de la moyenne nationale annuelle). Cette loi n'a pas été contrôlée pour les véhicules de plus grosses cylindrées, dont la consommation est probablement moins sensible à la température (avec cette loi, on obtiendrait à 14°C les chiffres suivants : pour la R12, 10,7- 11,2- 10,8, pour la 504 : 11,6- 12,2- 11,0).

On a préféré n'indiquer que les chiffres bruts résultant des mesures, et situer autour de 11 litres/100 km la consommation moyenne annuelle de l'ensemble du trafic urbain.

Les études se poursuivent à l'I.R.T. Il n'est pas possible de fournir des éléments plus précis à l'heure actuelle. Les consommations unitaires indiquées sont donc à considérer comme des ordres de grandeur.

- Le nombre de places par véhicule a été pris égal à 4 pour les petites cylindrées (R5), à 5 pour les moyennes et grosses cylindrées (R12 et 504).

- Par rapport aux consommations publiées par l'A.E.E. ( cycle Europe), l'I.R.T. a étudié les pourcentages de surconsommation dus à divers facteurs. Voici ses principales conclusions :

- départ moteur à froid: en été, + 30% sur les 2 premiers km, et  
+ 20% sur les 4 premiers km;  
en hiver, + 60% sur les 2 premiers km, et  
+ 40% sur les 4 premiers km.

Or, on estime que 37% des déplacements en voiture en région parisienne ont moins de 2 km de long, et 30% ont une longueur comprise entre 2 et 5 km ( source : enquête de la D.R.E.I.F.). On mesure donc l'importance de ce facteur de surconsommation en zone urbaine.

- mauvais ralenti: + 10% en parcours urbain et + 25% en centre ville.

L'importance de ce facteur tient à celle des arrêts dans les déplacements en zone urbaine ( environ 25% du temps). La consommation urbaine pendant les arrêts peut être estimée à 10%.

- utilisation des auxiliaires électriques:

phares et dégivrage, + 9% à moteur froid, + 5% à moteur chaud; tous auxiliaires, + 9%.

L'I.R.T. estime à 50% environ la surconsommation moyenne sur l'année en zone urbaine par rapport au "cycle Europe" (chiffres de l'A.E.E.). Dans les cas extrêmes, elle peut atteindre 100% en ville.

- Par rapport aux résultats de ses essais, l'I.R.T. estime que les consommations moyennes réelles se situent entre 10 et 25% au-dessus, compte tenu des départs à froid, des réglages moyens des moteurs, et de l'utilisation des auxiliaires.

-L'I.R.T. a également mesuré les consommations sur les périphériques : pour la R12, 6,6l l/100 km sur la file de droite, et 9,11 l/100 km sur la file de gauche (freinages et accélérations plus fréquents).

- Dans les petites agglomérations de 5 à 20.000 habitants, l'enquête ONSER-SETRA de 1978 constate un nombre d'occupants moyen par véhicule égal à 1,8, à peine inférieur à celui observé sur route (1,9). Les déplacements en voiture dans ces petites villes sont plus souvent des parcours interurbains qu'urbains; les consommations sont peu différentes, sauf en cas d'encombres, à celles de la route.

- Les véhicules à moteur diésel

L'I.R.T. n'a pas encore effectué d'essais sur ces véhicules. On indiquera donc les résultats de mesures effectuées par Peugeot, publiés dans la revue de la Société des Ingénieurs de l'Automobile ( cf. bibliographie).

Il existe très peu de véhicules diésel en bas de gamme. En milieu de gamme, la référence est la 304 diésel, en haut de gamme la 504 diésel. On indique également les consommations des véhicules à essence homologues.

consommation en l/100 km (1)				gép/s.k.o.o.				gép/p.o.k.o.t. (1,4 occupant par véhicule)			
milieu de gamme		haut de gamme		milieu de gamme		haut de gamme		milieu de gamme		haut de gamme	
gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence
6,5	10,8	9,0	12,2	10,8	16,2	14,9	18,3	38,5	57,7	53,4	65,2

(1) densités respectives : gasole 0,83 et essence super 0,748.

- Les essais ont été réalisés sur un parcours urbain avec une vitesse moyenne de 20 km/h, par le constructeur lui-même ( soucieux bien entendu de promouvoir la technique diésel qu'il développe).

2.1.2. Les transports urbains collectifsa) Les taxis

Modèle	consommation spécifique en l/100 km.	gep/s.k.o. (4 places en dehors du conducteur)	gep/p.k.t.(1) (1,4 passager)	gep/p.k.t. (2) (0,7 passager)
Véhicule à essence (super)	13	24	69	139
Véhicule diésel moyen (gasole)	10	21	59	119
Véhicule diésel de haut de gamme (type Mercedes)	11	23	65	130

(1) Consommation unitaire sur les parcours avec passager(s) seulement.

(2) Consommation unitaire sur tous les parcours, y compris à vide.

Les consommations sont fournies par le Syndicat des Taxis Parisiens ( 1979).

Les nombres d'occupants sont des estimations pour la France entière à partir des deux sources suivantes :

Source (1979)	domaine d'ap- plication	nombre d'occupants sur les distances en charge	taux de parcours en charge %	nombre d'oc- cupants sur l'ensemble des parcours
Direction Régionale de l'Equipement d'Ile de France	région pari- sienne	1,45	0,67	0,97
Institut de Recher- che des Transports	petites villes de province	1,37	0,29	0,40

b) Les autobus, minibus et autobus articulés\* Les autobus- Consommations suivant les réseaux

Réseau (ensemble du parc)	nombre de places moyen	consommation spécifique en l/100 km.	gep/p.k.o.	coefficient de remplissa- ge (%)	gep/p.k.o.t.
Réseau R.A.T.P. (1)	69,0	38,1	4,6	23,6	19,4
-Paris	66,6	42,5	5,3	28,4	18,6
-banlieue	70,1	35,9	4,3	21,4	19,9
Réseau de Marseille(2)	94	48,8	4,3	19,2	22,4
Réseau de Lyon (3)	92,1	41,2	3,7	n.d.	n.d.
40 réseaux de pro- vince (4)	90	39,5	3,6	20	18
-fourchette de va- riation	(estimation)	37,7 à 48,0	3,5 à 4,4	(estimation)	17 à 22
Réseau Aéroport de Paris (5)					
- Orly-Rungis	74	28	3,1	13,6	23,1
- Charles de Gaulle- Roissy	82	32	3,2	25,6	12,7

Notes : voir sous le tableau suivant.

Réseau	modèle	nombre de places	consommation spécifique en l/100 km.		gép/ p.k.o.		
			Paris	banlieue	Paris	banlieue	
<u>Réseau R.A.T.P.</u> (1) -type standard moteur avant -type standard moteur arrière -gabarit réduit	Saviem SC 10 ou Berliet PCMR	61 à 78	41,1	38,0	4,7	4,5	
	-	65 ou 70	-	38,4	-	4,6	
	Berliet PGR	45	41,3	37,4	7,6	6,9	
<u>Réseau de Lyon</u> (3) -moteur MAN 896 -moteur MAN 846 -moteur V 800 -moteur Perkins	PCMV et SC10 anciens	95	37,7		3,3		
	SC 10 récents	95	41,8		3,7		
	premiers PR100 Berliet	98	39,4		3,3		
	PR 100 PA	98	46,5		3,9		
<u>40 réseaux de province</u> (4)	Saviem S 105 (RVI)	87	36,6		3,5		
	- version urbaine	Saviem SC 10	95	37,7		3,3	
	- moteur Perkins	Berliet PR 100	98	47,4		4,0	
	- moteur nouveau MI	Berliet PR 100	98	45,0		3,8	
	- mécanique Mer- cédès	Heuliez O.305 standard	100	41,1		3,4	

Tous ces modèles consomment du gasole.

(1) Source R.A.T.P. (1978)

Les données fournies pour l'ensemble du parc incluent les seuls km utiles, les km "haut le pied" (retours au dépôt) étant exclus. Ces derniers représentent 4,4% des km totaux (3,4% à Paris et 4,9% en banlieue). Les résultats Paris/banlieue sont obtenus à partir des consommations des dépôts ne gérant que des autobus de Paris, ou que des autobus de banlieue. Les données fournies suivant les types de matériels sont des estimations de la RATP. Les capacités indiquées retiennent une occupation maximale de 6 personnes au m2 (un peu moins pour le gabarit réduit).

(2) Source : Régie Autonome des Transports de la Ville de Marseille (R.A.T.V.M.) (1978).

(3) Source : Société Lyonnaise de Transports en Commun (T.C.L.) (1978).

Les données fournies incluent les km parcourus "haut le pied" (retours au dépôt), mais excluent les km "résiduels" (dépannage, école de conduite,...).

(4) Source : enquête de l'Union des Transports Publics Urbains et Régionaux (U.T.P.U.R.) (Fév. 1979)

Les consommations observées en été sont inférieures à celles d'hiver de 0,8 à 5,4 l/100 km (3,2 en moyenne).

(5) Source : Aéroport de Paris (1979)

Il s'agit des liaisons Orly Sud-Rungis (3,5 km) et Orly Ouest-Rungis (3,4 km) d'une part, Charles de Gaulle/aérogare n°1-Roissy (3,5 km) d'autre part, entre les deux aéroports et les gares SNCF voisines.

- Compléments pour la R.A.T.P.

	consommation spécifique en l/100 km	gep/p.k.o.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
<u>moyenne globale,</u> y compris les services touristiques et les locations	-	4,9	24,9	19,7
<u>observations sur quelques lignes</u>				
ligne P.C.	41,7	4,5	28,8	15,7
ligne 57	43,0	5,4	20,4	26,6
ligne 91	43,3	4,7	30,5	15,3
ligne 179 (banlieue)	36,0	4,6	21,6	21,1

\* Les minibus- Consommations suivant les réseaux et les modèles

réseau et modèle	carburant consommé	nombre de places	consommation spécifique en l/100 km	gep/p.k.o.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
réseau R.A.T.P.	super	13	24,6	14,2	n.d.	n.d.
40 réseaux de province						
* C.35 Citroën Heuliez	gasole	20	14,5	6,0	25 (estimation)	24
-fourchette de variation			13,0 à 16,9	5,4 à 7,0		22 à 28
* J.7 Peugeot	gasole	20	16,2	6,7	25 (estimation)	27
-fourchette de variation			13,0 à 17,6	5,4 à 7,3		22 à 29

Sources : ce sont les mêmes que pour les autobus.

\* Les autobus articulés

- Consommations suivant les modèles pour les 40 réseaux de province de l'enquête de l'U.T.P.U.R.

modèle	nombre de places	consommation spécifique en l/100km	gep/p.k.o.
O.305 G Heuliez pousseur -fourchette de variation	I50	58,7 57,0 à 62,0	3,2 3,2 à 3,4
SG 180 Setra articulé -fourchette de variation	I36	57,9 52,0 à 62,3	3,5 3,2 à 3,8
Saviem MAN SG 220	I50	66,0	3,7

Tous ces modèles consomment du gasole.

Etant donné le petit nombre d'autobus articulés en service en France, aucune donnée de remplissage ne peut être avancée.

c) Les trolleybus

- Consommations suivant les réseaux

Réseau ( ensemble du parc )	nombre de places moyen	consommation spécifique en kWh/100 km.	gep/p.k.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
Marseille(1)	90	233,8	6,3	18,9	33,1
Lyon (2)	95,8	253,7	6,4	n.d.	n.d.

(1) Source : R.A.T.V.M. ( 1978 )

(2) Source : T.C.L.(1978).

Remarque.

Les consommations indiquées sont des consommations globales comprenant les pertes en ligne.

- Consommations suivant les modèles

modèle	performances	nombre de places	réseau d'observation	consommation spécifique en kWh/100 km.	gep/pko
trolleybus classiques	50 km/h maxi	78	Lyon	190	5,9
trolleybus Berliet ER 100	60 km/h maxi, voiture chauffée	98	Grenoble	240	5,9

Source : I.R.T., à partir d'informations des réseaux (1978).

Remarque : le réseau de Lyon est équipé de plusieurs modèles de trolleybus.

d) Les tramways, métros et funiculaires\* Les tramways

réseau	nombre de places	consommation spécifique en kWh/100km	gep/p.k.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
Marseille	103	265,8	6,2	22,7	27,4

Source : R.A.T.V.M. ( 1978 ).

\* Les métros- Consommations suivant les réseaux

réseau (ensemble du parc)	nombre de places moyen par rame	consommation spé- cifique en kWh/100 km	gép/p.k.o.	coefficient de remplissage %	gép/p.k.t.
Réseau RATP (1)					
-métro	770 (5 voitures en général)	1350	4,2	18,0	23,6
-R.E.R.	-	-	3,4	14,5	23,0
Réseau de Mar- seille (2)	352 (3 voitures)	1103	7,6	18,2	41,6
Réseau de Lyon (3)					
-lignes A et B	384 (3 voitures)	1070	6,7	16,4	41,0
-ligne C	102 (1 voiture)	770	18,2	25,9	70,4

Remarques

Les consommations indiquées sont relatives à l'énergie de traction seule (servitudes intérieures comprises).

(1) Source R.A.T.P. (1978).

Les consommations sont calculées par rapport aux km. utiles seulement.

Les capacités prises en compte retiennent une occupation maximale de 6 voyageurs debout au m<sup>2</sup> ( l'objectif de confort de la R.A.T.P. est de la réduire à 4).

(2) Source R.A.T.V.M. (1978).

(3) Source T.C.L. (1978) et SEMALY pour les éléments techniques.

- Les lignes A et B ont été mises en service le 2 mai 1978. Un système de récupération d'énergie permet d'abaisser la consommation, surtout aux heures de pointe. Les consommations indiquées sont des moyennes avec et sans récupération.

Le remplissage est une moyenne pour les deux lignes ( la ligne A est plus remplie que la ligne B ).

- La ligne C ( plus ancienne) est une ligne à crémaillère, de pente 17%, longue de 900 m.

- Compléments pour la R.A.T.P.- Etude des variations selon les lignes et les types de matériels

- o Métro \* fourchette de variation suyant les lignes :
- minimum : 3,4 gep/p.k.o. pour la ligne 10 (Austerlitz-Auteuil)  
matériel articulé et fer moderne.
  - maximum : 6,0 gep/p.k.o. pour la ligne 3 bis (Lilas-Gambetta)  
matériel fer ancien.
- \* fourchettes de variation suyant les matériels ( les lignes équipées de plusieurs matériels sont exclues ) :
- matériel fer ancien :
    - 4,0 gep/p.k.o. pour la ligne 2 (Nation-Dauphine)  
747 places par rame
    - à
    - 6,0 gep/p.k.o. pour la ligne 3 bis (Lilas-Gambetta)  
590 places par rame.
  - matériel sur pneumatique :
    - 4,2 gep/p.k.o. pour la ligne 1 (Vincennes-Neuilly)  
982 places par rame
    - à
    - 5,6 gep/p.k.o. pour la ligne 11 (Châtelet-Lilas)  
650 places par rame.
  - matériel fer moderne :
    - 3,6 gep/p.k.o. pour la ligne 3 (Galliéni-Levallois)
    - à
    - 4,4 gep/p.k.o. pour la ligne 7 (Ivry-Villette)  
806 places par rame.
- \* lignes avec récupération d'énergie (JHR ou hacheur de courant )
- ligne 13 (Châtelet/st.Denis) 3,5 gep/p.k.o.  
matériel fer moderne et MF 77
  - ligne 8 (Balard-Créteil ) 4,0 gep/p.k.o.  
matériel fer ancien et fer moderne.

o R.E.R.

- \* ligne A (Boissy-St.Germain): 3,2 gep/p.k.o. (matériel MS 61)  
9 voitures  
2527 places par train.
- \* ligne B (Châtelet-St.Rémy): 3,7 gep/p.k.o. (matériel Z et MS61)  
6 voitures  
1523 ou 1669 places par train.

- Prise en compte de la consommation énergétique globale, y compris l'éclairage force

	<u>énergie totale</u> énergie de traction	gep/p.k.o.	gep/p.k.t.
métro	1,31	5,5	30,8
R.E.R.	1,24	4,2	28,6

- Compléments pour le métro de Lyon ( lignes A et B )

	consommation spé- cifique en kWh/100 km.	gep/p.k.o.	gep/p.k.t.
avec récupération d'énergie	1021	6,4	39,2
sans récupération d'énergie	1216	7,6	46,7

\* Les funiculaires (traction par câble)

réseau	nombre de places moyen par rame	consommation spécifique en kWh/100 km.	gcp/p.k.o.	coefficient de remplissage %	gcp/p.k.t.
RATP (Mont- martre)(1)	50	1060	51,1	21,8	234,3
Lyon (2)	111,7	364	7,9	14,9	52,8

(1) Source : R.A.T.P. (1978) - longueur 103 mètres - pente 35%.

(2) Source : T.C.L. (1978) - 2 lignes de longueurs 800 et 400 mètres - pentes respectives 19 et 31%.

e) Les chemins de fer de banlieue\* Consommation du trafic de banlieue

trafic	traction seule		coefficient de remplissage %	traction seule	électricité	énergie totale	
	gep /p.k.o.o.	gep/p.k.t.		énergie totale %	énergie totale %	gep/pko	gep/pkt
voyageurs banlieue	3,5	20,0	17,5	99,9	97,7	3,5	20,0

Source : S.N.C.F. ( 1978 ).

\* Consommation des trains de banlieue

trains	gep/p.k.o.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
trains de banlieue	3,6	17,5	20,3

Source : S.N.C.F. ( 1978 ).

Remarques

- Dans la définition des p.k.o.o., on compte les places assises et debout (avec une densité de 5 voyageurs debout par m<sup>2</sup>). Si l'on ne retenait que les seules places assises, la consommation unitaire serait de 7,5 gep/s.k.o.o.
- La fréquentation des trains de banlieue varie fortement suivant les tranches horaires : 27% aux heures de pointe dans les deux sens ( 7h. à 9h. le matin et 17h. à 19h. le soir, du lundi au vendredi), soit 13 gep/p.k.t., et même 40% aux heures de plus forte pointe dans le sens banlieue - Paris (7h.30 à 8h.30 le matin et 17h.30 à 18h.30 le soir), soit 9 gep/p.k.t., contre seulement 13% aux heures creuses ( autres tranches horaires en semaine, et samedis, dimanches et jours fériés), soit 28 gep/p.k.t.
- Pour les explications complémentaires, on se reportera au paragraphe relatif aux transports interurbains.

\* Capacités des trains de banlieue

Les anciennes rames Talbot, qui sont retirées progressivement du service, ont une capacité de 900 places, dont 400 places assises. Le matériel moderne classique, le plus répandu, a 1300 places, dont 700 assises. Dans le secteur Sud-Est de la région parisienne, où les quais sont plus longs, on fait circuler des rames de 2700 places dont 1400 assises. Enfin, 500 voitures à 2 étages sont en service; elles offrent une capacité de 2000 places dont 1100 assises.

La répartition du trafic par types de trains n'est pas disponible.

\* Consommation spécifique suivant le type de traction

( en grammes équivalent pétrole par tonne-kilomètre brute remorquée ).

trains	traction électrique		traction diésel		toutes tractions confondues
	locomotives	automotrices	locomotives locomoteurs	autorails	
trains de banlieue	10,9	14,4	10,1	11,6	13,3

Source : S.N.C.F. ( 1978 ).

Les tonnes-kilomètres brutes remorquées correspondent au poids total ( tare incluse ) des voitures remorquées.

f) Les autocars exploités en zone urbaine

exploitant (en région parisienne)	utilisation	modèle	nombre de places	consommation spécifique en l/100km. (gasole)	gep/s.k.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t
AIR FRANCE (1978)	transport de ligne (aéroports terminaux)	-	50	33 (30 à 35)	5,5 (5,0 à 5,8)	56	9,8 (8,9 à 10,4)
A.P.T.R. (1979)	transport de ligne + transport privé + transport occasionnel	tous modèles confondus (plus de 1000 véhicules)	45 à 50	35	5,9	n.d.	n.d.
G.T.I. (Générale de Transports Industriels) (1979)	transport scolaire transport de ligne + transport privé	Saviem SC1 Saviem S45M	45 45	34 30,5	6,3 5,6	n.d. n.d.	n.d. n.d.

On note quatre types d'utilisation :

- transport scolaire : enfants,
- transport de ligne : tout public (lignes régulières),
- transport privé : personnel d'entreprise ,
- transport occasionnel : touristes.

Les consommations observées par l'A.P.T.R. varient très peu suivant le type d'utilisation.

La G.T.I. constate de son côté une certaine surconsommation des transports scolaires (distances moyennes plus courtes), alors que le transport occasionnel consomme plutôt moins que la moyenne (distances moyennes plus longues).

Le transport de ligne et le transport privé sont à peu près équivalents.

## 2.2. Les transports interurbains et internationaux

### 2.2.1. Les transports individuels

#### a) Les deux-roues

\* Les vélomoteurs ( cylindrée limitée à 125 cm<sup>3</sup> )

modèle	carburant et densité	consommation spécifique sur route en l/100km	gép/ s.k.o. ( 2 places)	gép/p.k.t. (1,2 passager)
<u>2 temps</u>				
-essais Motobécane	mélange 0,70	5,0	17,5	29,2
-essais Moto Journal		5,7	20,0	33,3
-fourchette de va- riation		4,5 à 6,5	16 à 23	26 à 38
<u>4 temps</u>				
-essais Motobécane	super (1) 0,748	4,0	15,0	24,9
-essais Moto Journal		3,7	13,8	23,1
-fourchette de va- riation		3,0 à 4,5	11 à 17	19 à 28
Moyenne pondérée(2) Moto Journal	(0,719)	4,9	17,5	29,2

(1) l'essence ordinaire est également utilisée ( densité 0,722).

(2) 60% de deux-temps et 40% de quatre-temps.

#### Remarques

- Les consommations sont plus sensibles au style de conduite pour les 2 temps (plus "nerveux") que pour les 4 temps. Les essais, réalisés en 1979 sur toutes les marques par Motobécane et Moto Journal, donnent des résultats assez voisins pour les 4 temps (les essais Moto Journal n'excluant pas les zones urbanisées), mais plus sensiblement différents pour les 2 temps (la conduite Motobécane est régulière, la conduite Moto Journal est plus "jeune", et sans doute plus proche des conditions moyennes de conduite).
- Il n'existe pas de statistiques précises sur le nombre moyen de passagers: il est estimé sur route, pour les vélomoteurs, à 1,2 (80% de conduite en solo).

\* Les motocyclettes ( cylindrée supérieure à 125 cm<sup>3</sup> )

modèle	consommation spécifique en l/100km	gép/s.k.o. (2 places)	gép/p.k.t. sur route (1,3 passager)	gép/p.k.t. en ville (1,1 passager)
250 cm <sup>3</sup> fourchette de variation	6,3 4,0 à 7,5	23,6 15 à 28	36,2 23 à 43	42,8 27 à 51
350-400 cm <sup>3</sup> fourchette de variation	6,3 4,5 à 8,0	23,6 17 à 30	36,2 26 à 46	42,8 31 à 54
500-650 cm <sup>3</sup> fourchette de variation	6,7 4,5 à 8,0	25,1 17 à 30	38,6 26 à 46	45,6 31 à 54
750 -900 cm <sup>3</sup> fourchette de variation	7,4 6,0 à 8,5	27,7 22 à 32	42,6 35 à 49	50,3 41 à 58
1000 cm <sup>3</sup> et plus fourchette de variation	7,0 6,0 à 10,0	26,2 22 à 37	40,3 35 à 58	47,6 41 à 68

Source : essais Moto Journal (1979) sur toutes les marques.

Remarques

- Le carburant généralement utilisé est du "super" (densité 0,748). Toutefois, l'essence ordinaire (densité 0,722) peut être utilisée pour les petites cylindrées.
- Les consommations, peu différenciées en ville et hors ville, sont très sensibles en revanche au style de conduite.
- Le nombre de places, très généralement de 2, peut-être porté à 3 avec un side-car (marginal).
- Il n'existe pas de statistiques précises sur le nombre moyen de passagers: il est estimé, pour les motocyclettes, à 1,3 sur route et 1,1 en ville (respectivement 70% et 90% de conduite en solo).

b) Les petites voitures\* Les cyclomoteurs carrossés

Ce sont des véhicules à 3 ou 4 roues, dont la vitesse est limitée à 45 km/h, et la cylindrée à 50 cm<sup>3</sup>. Ils peuvent transporter une personne, éventuellement accompagnée d'un enfant de moins de 14 ans.

Comme pour les cyclomoteurs, le moteur est un 2 temps et consomme du mélange à 3% d'huile (densité 0,70).

Le cyclomoteur carrossé a une clientèle rurale à 85%; il est surtout utilisé sur les routes secondaires.

consommation spécifique en l/100km	gép/s.k.o.o. (1 place)	gép/p.k.o.t. (1,0 passager)
2	14	14

Source : Fédération Française de la Carrosserie ( 1979).

\* Les tricycles et quadricycles à moteur

On se reportera au paragraphe sur les transports urbains pour la définition.

nombre de places	consommation spécifique sur route en l/100km	carburant et densité	gép/s.k.o.o.	gép/p.k.o.t. (1,2 passager) (estimation)
2	5 à 6	mélange 0,70	18 à 21	29 à 35

### c) Les voitures particulières

Comme pour l'étude en zone urbaine, on utilise les résultats des mesures réalisées par l'Institut de Recherche des Transports (à la demande de la D.R.C.R.) pour les consommations, et de l'enquête ONSER-SETRA 1978, pour les nombres d'occupants moyens par véhicule (sauf pour les chemins départementaux qui ne sont pas des "routes à grande circulation", pour lesquels on fait usage du résultat de l'enquête ONSER 1975-76).

Il faut noter que les enquêtes de l'ONSER sont réalisées en rase campagne, de jour seulement; étant donné l'importante relative du trafic de nuit, il est peu probable que les nombres d'occupants moyens jour et nuit soient significativement différents des moyennes observées de jour.

Les résultats des mesures et des calculs sont regroupés dans le tableau suivant :

réseau	nombre d'occupants moyen par véhicule	consommations spécifiques litres/100 km (1)				consommations unitaires gcp/s.k.o.				consommations unitaires gcp p.k.t.			
		bas de gamme	milieu de gamme	haut de gamme	ensemble du trafic	bas de gamme	milieu de gamme	haut de gamme	ensemble du trafic	bas de gamme	milieu de gamme	haut de gamme	ensemble du trafic
<b>autoroutes de liaison</b>													
-trafic fluide	1,9	8,0	9,1	9,7	8,9	15,0	13,6	14,5	14,2	31,5	35,6	38,2	35,1
-trafic semi-fluide	1,9	6,1	7,5	8,8	7,4	11,4	11,2	13,2	11,7	24,0	29,5	34,6	29,0
<b>autoroutes de déviation</b>													
-trafic fluide	2,3	6,8	7,5	8,5	7,5	12,7	11,2	12,7	11,9	22,1	24,4	27,6	24,4
-trafic semi-fluide	2,3	5,7	6,8	7,8	6,7	10,7	10,2	11,7	10,7	18,5	22,1	25,4	21,8
<b>moyenne autoroutes</b>													
	2,1	6,9	7,9	8,8	7,8	12,9	11,8	13,2	12,4	24,6	28,1	31,3	27,8
<b>grandes routes nationales</b>													
autres routes à grande circulation	1,9	6,0	7,5	8,3	7,0	11,2	11,2	12,4	11,3	23,6	29,5	32,7	27,7
chemins départementaux	2,0	7,4	8,1	10,5	8,0	13,8	12,1	15,7	13,2	27,7	30,3	39,3	29,6
<b>moyenne routes</b>													
	1,9	6,3	7,6	8,6	7,2	11,8	11,4	12,9	11,7	24,8	29,9	33,9	28,3
<b>moyenne rase campagne</b>													
	1,9	6,4	7,6	8,6	7,3	11,9	11,5	12,9	11,3	24,7	23,6	33,5	28,2
<b>moyenne tous réseaux (2)</b>													
	1,7	8,0	8,7	9,5	8,6	15	13	14	14	34	37	41	37

(1) carburant : super (densité 0,748) -

(2) rase campagne et zones urbaines.

#### Commentaires C: tableau

- Les véhicules représentatifs du bas de gamme (moins de 6 CV), du milieu de gamme (6 à 10 CV) et du haut de gamme (plus de 10 CV) sont respectivement la Renault R5 TL, la Renault R 12 TL, et la Peugeot 504 GL.

- Le nombre de places par véhicule a été pris égal à 4 pour le bas de gamme, et 5 pour le milieu et le haut de gamme.

On a supposé, faute d'informations plus précises, que les nombres d'occupants par véhicule sur les différents réseaux ne dépendaient pas du type de véhicule (ce qui aurait pour conséquence un meilleur taux de remplissage pour les véhicules de bas de gamme à 4 places que pour les gammes supérieures à 5 places). Une enquête serait nécessaire pour préciser ce point.

- Les essais ont été réalisés sur les infrastructures suivantes :

- autoroutes de liaison (vitesse limite autorisée 130 km/h) : autoroute A 15
- autoroutes de déviation (vitesse limite autorisée 110 km/h) : autoroute A 13
- grandes routes nationales (sinuosité nulle) : RN 14
- autres routes à grande circulation (sinuosité moyenne) : RN 496

On a classé sous cette rubrique le reste des routes nationales, et les chemins départementaux à grande circulation, qui sont pour la plupart d'anciennes routes nationales déclassées.

- chemins départementaux (sinuosité forte) : CP 488

Sous cette rubrique figurent le reste des chemins départementaux.

Les essais ont été réalisés sur autoroute par trafic fluide et semi-fluide, sur les routes par trafic fluide seulement.

- Les consommations moyennes pour l'ensemble du trafic et sur les différents réseaux ont été obtenues à partir des pondérations suivantes ( en % ) :

véhicules	autoroutes	routes nationales ou à grande circulation	chemins départementaux	parc français
bas de gamme	28,4	37,3	46,5	32
milieu de gamme	50,5	50,7	45,5	58
haut de gamme	21,1	12,0	8,0	10
total	100,0	100,0	100,0	100

Compositions du trafic de véhicules légers selon le type de route ( source : sondage ONSER 1976-77 cité par l'I.R.T.).

- Les consommations moyennes sur l'ensemble des réseaux et pour les différentes gammes ont été obtenues à partir des données suivantes :

véhicules	km sur autoroute (%)		km sur route (%)		km en ville (%)		km annuels moyens
	km sur autoroute	(%)	km sur route	(%)	km en ville	(%)	
bas de gamme	800	(7)	5900	(54)	4300	(39)	11.000
milieu de gamme	1200	(9)	7800	(58)	4500	(33)	13.500
haut de gamme	1900	(12)	9600	(60)	4500	(28)	16.000
ensemble du trafic	1150	(9)	7350	(57)	4450	(34)	12.950

Kilométrages annuels effectués selon la gamme du véhicule et le type de route ( source : estimations I.R.T. à partir de l'enquête Transports 1973-74 et d'estimations de l'ONSER).

<u>pondérations autoroutes</u>	trafic fluide	trafic semi-fluide	tout trafic
- liaison	1/3	1/6	1/2
- dégagement	1/3	1/6	1/2
			1

<u>pondérations routes</u>	
- grandes RN	0,7
- autres RGC	0,2
- CD	0,1
	1

Les pondérations ci-dessus sont estimées. Pour les autoroutes, on a plus pondéré les trafics fluides, qui entraînent des consommations plus élevées du fait de la vitesse, que les trafics semi-fluides, afin de corriger l'absence de prise en compte des trafics encombrés, non étudiés.

- L'ensemble des pondérations appliquées provient d'estimations dont la précision serait à améliorer, notamment par de nouvelles enquêtes.
- On a calculé des moyennes sur tous réseaux en intégrant les résultats des mesures effectuées en zone urbaine ( cf. le paragraphe 2.1.a) sur les transports urbains). Du fait de la médiocre précision de ces derniers ( études encore en cours), ces moyennes sont à considérer seulement comme des ordres de grandeur.

Tous les essais de l'I.R.T. ont été réalisés par temps sec avec une température comprise entre 5 et 20°C ; les véhicules transportaient deux personnes et un matériel de mesure assez important, soit en gros le poids de trois personnes plus des bagages.

Les véhicules testés avaient des moteurs bien réglés, et les mesures commençaient seulement avec le moteur à chaud.

Les consommations ci-dessus indiquées sont donc légèrement inférieures aux consommations moyennes réelles.

Les principaux facteurs de surconsommation, étudiés par l'I.R.T. à partir des consommations à vitesse stabilisée publiées par l'A.E.E., sont les suivants :

- dispersion des réglages des moteurs des véhicules en circulation : + 8%
- entretien courant du moteur : + 1%
- sous-gonflage des pneus : + 1%
- température extérieure : + 5% en hiver
- galerie de toit : + 7 à 20% sur route, +12 à 40% sur autoroute
- départ à froid, utilisation des auxiliaires : cf. le paragraphe sur les transports urbains.

Globalement, la surconsommation moyenne annuelle en rase campagne par rapport aux consommations publiées serait de l'ordre de 30% sur route et 10% sur autoroute. Dans les cas extrêmes, la surconsommation sur route peut atteindre 60%. Quant aux écarts liés au style de conduite, encore non pris en compte, ils peuvent atteindre jusqu'à 15%.

L'I.R.T. estime enfin que la surconsommation moyenne par rapport aux résultats de ses essais serait sensiblement nulle sur autoroute et de l'ordre de 10% sur route, compte tenu des départs à froid, des réglages moyens des moteurs, et de l'utilisation des auxiliaires.

- L'I.R.T. a également étudié la consommation des véhicules dans les bouchons.

En voici les principaux résultats :

	consommations horaires litres/heure		consommations unitaires gep/ s.k.o.	
	vitesse du bouchon		vitesse du bouchon	
	10 km/h	25 km/h	10 km/h	25 km/h
bas de gamme (R5)	1,36 - 1,95	1,96 - 2,40	25 - 36	15 - 18
milieu de gamme (R 12)	1,30 - 1,55	1,99 - 2,18	19 - 23	12 - 13
haut de gamme (504)	2,16 - 2,68	3,11 - 3,30	32 - 40	19 - 20
véhicule moyen	1,44 - 1,77	2,12 - 2,37	23 - 28	13 - 15

Ces résultats s'appliquent à tout réseau. Il suffit de diviser les consommations en gep/ s.k.o. par les taux de remplissage adéquats pour en déduire les consommations en gep/ p.k.t. sur tout réseau et pour toute gamme. Ainsi, une 504 prise dans un bouchon se déplaçant à 10 km/h en région parisienne consomme-t-elle 124 à 154 gep/ p.k.t.

- Les véhicules à moteur diésel

Comme pour l'étude en zone urbaine, on cite les résultats d'un article émanant de la firme Peugeot, paru dans la revue de la Société des Ingénieurs de l'Automobile (cf. bibliographie), l'IRT n'ayant pas encore réalisé d'essais sur des véhicules à moteur diésel.

On donne les consommations mesurées sur un circuit routier comprenant 20% d'autoroute ( pourcentage un peu supérieur à la moyenne des parcours autoroutiers en rase campagne), pour une 304 diésel et son homologue à essence (milieu de gamme), et une 504 diésel et son homologue à essence (haut de gamme), le bas de gamme étant très peu représenté dans les véhicules diésel.

réseau	consommation en l/100 km(1)				gép/s.k.o.				gép/p.k.t.			
	milieu de gamme		haut de gamme		milieu de gamme		haut de gamme		milieu de gamme		haut de gamme	
	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence	gasole	essence
circuit route/autoroute	6,5	7,6	8,7	9,7	10,8	11,4	14,4	14,5	28,4	29,9	38,0	38,2
moyenne tous réseaux	6,5	8,7	8,8	10,4	10,8	13,0	14,5	15,6	30,9	37,1	41,8	44,6

(1) densités respectives : gasole 0,83 et essence super 0,748.

La moyenne sur tous réseaux comprend les résultats des essais réalisés sur parcours urbains par le même constructeur ( cf. le paragraphe sur les transports urbains), les consommations enregistrées sur le circuit route/autoroute étant prises en première approximation comme des moyennes pour la rase campagne. Les pondérations rase campagne/zone urbaine et les taux d'occupation ont été pris identiques à ceux des véhicules à essence, faute d'informations spécifiques sur les véhicules diésel.

La consommation d'énergie des véhicules à moteur diésel serait inférieure de 17 à 34% en ville, et de 0 à 6% sur route, à celle des véhicules à moteur à essence, mais lui serait en revanche supérieure de 5 à 10% sur autoroute. Il importe toutefois, dans ces comparaisons, que les données puissent être vérifiées auprès d'autres sources, en s'assurant en particulier que les performances (notamment à l'accélération) des véhicules diésel et à essence sont bien identiques.

En Juin 1979, d'après l'Argus de l'Automobile, le parc diésel (en expansion rapide ) représentait 3% environ du parc total de voitures particulières.

2.2.2. Les transports collectifsa) Le transport routier par autocars

Exploitant	utilisation	modèle	nombre de places	consommation spécifique en l/100 km (gasole)	gep/s.k.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
S.C.E.T.A. (1978)	transport de ligne	Saviem S53 R	49	24 à 26,5	4,1 à 4,5	-	-
	(remplacement des lignes omnibus de la SNCF)	Saviem E7-170CV	49	27 à 29	4,6 à 4,9	-	-
	-observations sur les 6 centres d'exploitation	Saviem E7-235CV	49	35 à 37	5,9 à 6,3	-	-
		<u>moyenne</u> tous modèles confondus	49	25,9	4,4	27 (1)	16,5
ORSET à Moutiers (1978)	transport de ligne	(cars standard)	49	32-33	5,5	35 (2)	15
	(dessertes terminales de stations de montagne à partir de gares SNCF)	(petits cars)	28	30-31	9,0	35	25
		(minicars)	15 à 17	18	8,8 à 10,0	35	25 à 28,5
G.T.I. (Générale de Transports Industriels) (1979)	<u>transport occasionnel</u>	Setra S 150	53	24 à 29,5	3,8 à 4,6	-	-
		Saviem E7 L	53	30 à 34,5	4,7 à 5,4	-	-
	<u>transport de ligne</u> <u>+transport privé</u>	Saviem S 45M	45	25 à 28,5 (3)	4,6 à 5,3	-	-
		Saviem S 53M	49	25 à 27,5	4,2 à 4,7	-	-
		Berliet Crusair PR3	49	30 à 35	5,1 à 5,9	-	-
	<u>transport scolaire</u>	Saviem SC 1	45	28 à 32 (3)	5,2 à 5,9	-	-
		Saviem SC 5	36	22,5 à 26	5,2 à 6,0	-	-
Berliet PHN 8		45	29 à 34	5,3 à 6,3	-	-	

Remarques

- (1) En 1978, la fréquentation moyenne nationale des autocars SNCF exploités par la S.C.E.T.A. était de 13 voyageurs par car ( source : S.N.C.F.).
- (2) Les consommations indiquées ainsi que les coefficients de remplissage (qui sont estimés) sont des moyennes sur l'ensemble de l'année. En hiver, les remplissages sont doublés par rapport à la moyenne, et les consommations par passager-kilomètre transporté sont sensiblement divisées par 2.
- (3) Les consommations correspondant aux transports effectués en zone urbaine ont été examinées dans le paragraphe sur les transports urbains.

Les remarques faites dans ce paragraphe s'appliquent encore ici.

b) Le transport ferroviaire\* Consommations suivant les catégories de trafic

catégories de trafic	traaction seule	électricité	coefficient de remplissage %	gcp/s.k.o.	gcp/p.k.t.
	énergie totale %	énergie totale %		énergie totale	
voyageurs "rapide: express" toutes catégories	92,6	70,1	46,3	6,6	14,3
voyageurs omnibus	94,2	41,9	27,3	6,5	23,8

Source : S.N.C.F. ( 1978 ).

Remarques

- La consommation de traction seule est celle des trains assurant les trafics considérés. Pour obtenir l'énergie totale dépensée pour réaliser ces trafics, il faut ajouter :
  - la consommation des trains de service, et des voitures vides
  - la consommation due aux manoeuvres
  - les consommations accessoires ( chauffage, préchauffage ).
- Tous les modes de traction sont confondus.
- Le trafic banlieue est examiné dans le paragraphe sur les transports urbains.

\* Consommations de trafic voyageurs suivant les catégories de trains

Une catégorie de trains donnée achemine, en général, plusieurs catégories de trafic. La consommation d'énergie d'une catégorie de trains donnée est alors ventilée sur les diverses catégories de trafic au prorata des tonnes-kilomètres brutes remorquées correspondantes.

Toutefois, dans chaque catégorie de trains, une catégorie de trafic est prépondérante : c'est le trafic voyageurs associé à la catégorie de trains correspondante.

La deuxième colonne du tableau ci-dessous indique la part de la consommation d'énergie associée au trafic voyageurs dans la consommation de la catégorie de trains considérée :

catégorie de trains	part de la consommation affectée au trafic voyageurs ( en % )
T.E.E.	97,0
rapides à supplément	95,5
autres rapides et express	88,2
total rames tractées .....	89,1
rapides et express en	
- autorails et automotrices électriques	88,9
- turbotrains	94,3
total automotrices.....	82,8
<u>total trains rapides et express (1)</u>	89,6
<u>trains autos-couchettes</u>	100,0
<u>trains omnibus</u>	94,8

(1) sauf trains autos-couchettes.

La consommation d'énergie ainsi écartée correspond aux trafics de la poste et des colis express ( y compris les bagages accompagnés ).

Les consommations imputables aux wagons-lits et les trafics correspondants sont éliminés des calculs pour des raisons de saisie statistique.

Par ailleurs, les consommations unitaires calculées dans les pages suivantes (par catégories de trains) n'incluent pas les consommations des trains de service et de matériel vide.

Dans la définition des s.k.o., on considère seulement les places assises pour les trains rapides express et les omnibus. D'autre part, seuls sont pris en compte les trains-km en charge (les déplacements à vide -2 à 3%- sont exclus).

Dans la définition des p.k.t., seul le trafic commercial est appréhendé (les voyageurs à titre gratuit sont exclus).

Les consommations des trains rapides et express sont étudiés selon le type de traction et le type de places, celles des trains omnibus selon le type de traction seulement.

Le remplissage moyen indiqué pour les trains omnibus recouvre une dispersion très importante, certaines lignes étant, notamment, très peu fréquentées. En 1979, le train omnibus moyen a transporté 59 voyageurs.

Enfin, la consommation des trains autos-couchettes, qui ne peut être détaillée car homogène, était en 1978 :

gep/s.k.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
34,8	54,3	64,0

Source : S.N.C.F.

Elle correspond à des voyageurs accompagnés de leurs véhicules; il n'est pas effectué de correction pour déduire la part de la consommation imputable à ces derniers.

\* Consommations du trafic voyageurs selon le type de traction

Les différences observables avec le tableau précédent au niveau de la colonne toutes tractions confondues, proviennent des corrections en baisse des consommations effectuées pour éliminer la part imputable aux trafics liés de marchandises (fourgons postaux, etc...).

catégories de trains	traction électrique			traction diesel			toutes tractions confondues		
	gép/sko	coeffic. <sup>t</sup> de rem- plissage %	gép/p.k.t.	gép/sko	coeffic. <sup>t</sup> de rem- plissage %	gép/p.k.t.	gép/sko	coeffic. <sup>t</sup> de rem- plissage %	gép/p.k.t.
T.E.E.	11,0	48,6	22,5	13,7	48,9	26,1	11,1	48,6	22,9
rapides à supplément	6,0	48,1	12,5	7,2	48,1	15,0	6,3	48,1	13,1
autres rapides express	5,0	46,3	10,9	5,0	46,3	10,7	5,1	46,3	10,9
total rames tractées	5,3	46,4	11,4	5,2	46,5	11,1	5,3	46,4	11,3
autorails et automotrices élec- triques	9,1	41,4	22,0	6,2	40,6	15,2	6,6	40,7	16,2
turbotrains	-	-	-	10,9	48,5	34,9	16,9	48,5	34,9
total automotrices	9,1	41,4	22,0	12,0	44,8	26,7	12,2	44,6	27,4
total trains rapides express (1)	5,3	46,4	11,4	6,9	46,0	14,9	5,7	46,3	12,3

(1) hors trains autos-couchettes et wagons-lits.

Source : S.N.C.F. ( 1978).

catégorie de trains	rames tractées	autorails- automotrices	toutes tractions confondues		
	gép/s.k.o.	gép/s.k.o.	gép/s.k.o.	coefficient de remplis- sage %	gép/p.k.t.
trains omnibus	6,25	6,34	6,3	27,3	23,1

Source : S.N.C.F. ( 1978).

\* Consommations suivant les types de places dans les trains rapides express

- Les places assises

Le principe de la méthode est de considérer que la consommation rapportée à la tonne-kilomètre brute remorquée est constante pour tous les types de places pour une catégorie de trains donnée. Il suffit alors de calculer le ratio places-kilomètres offertes/ $t.k.b.r.$ , qui dépend uniquement des caractéristiques des voitures.

catégories de trains	places assises 1ère classe			places assises 2ème classe			total places assises		
	gcp/s.k.o.	taux de remplissage %	gcp/p.k.t.	gcp/s.k.o.	taux de remplissage %	gcp/p.k.t.	gcp/s.k.o.	taux de remplissage %	gcp/p.k.t.
T.E.E.	11,6	49,1	23,6	-	-	-	11,6	49,1	23,6
rapides à supplément	7,7	43,1	17,8	5,3	50,9	10,4	6,2	48,1	12,8
autres rapides express	6,2	35,2	17,8	4,3	49,1	8,7	4,7	46,3	10,1
total rames tractées	6,9	37,7	18,2	4,3	49,2	8,8	4,9	46,5	10,6
automotrices électriques	14,3	27,9	51,4	8,5	43,0	19,7	9,1	41,4	22,0
autorails	9,4	28,3	33,2	5,5	43,0	12,9	6,2	40,6	15,3
turbotrains	22,9	30,0	76,4	14,8	55,0	27,0	16,9	43,5	34,9
total automotrices	17,9	29,4	61,1	10,1	48,6	20,8	12,2	44,6	27,4

Source : S.N.C.F. (1978).

- Les couchettes

catégorie de trains	couchettes 1ère classe			couchettes 2ème classe			total couchettes		
	gcp/pko	taux de remplissage %	gcp/pkt	gcp/pko	taux de remplissage %	gcp/pkt	gcp/pko	taux de remplissage %	gcp/pkt
rapides à supplément	-	-	-	8,3	48,6	17,1	8,3	48,6	17,1
autres rapides express	11,3	44,3	25,6	6,3	46,5	13,6	7,1	46,2	15,4
total rames tractées	11,3	44,3	25,6	6,4	46,5	13,8	7,1	46,2	15,4

Source : S.N.C.F. (1978).

-La méthode utilisée est la même que pour les places assises.

-La S.N.C.F. ayant repris seulement récemment l'exploitation des wagons-lits, il n'a pas été possible de les étudier.

- Les première et seconde classes (places assises et couchettes confondues)

catégorie de trains	première classe			seconde classe		
	gep/ pko	taux de remplissage %	gep/pkt	gep/pko	taux de remplissage %	gep/pkt
T.E.E.	11,1	48,6	22,9	-	-	-
rapides à supplément	7,8	43,1	18,0	5,5	50,8	10,8
autres rapides express	6,8	36,2	18,8	4,6	48,7	9,4
total rames tractées	7,3	38,3	19,0	4,7	48,8	9,5
automotrices électriques	14,3	27,9	51,4	8,5	43,0	19,7
autorails	9,4	28,3	33,2	5,5	43,0	12,9
turbotrans	22,9	30,0	76,4	14,8	55,0	27,0
total automotrices	17,9	29,4	61,1	10,1	48,6	20,8

Source : S.N.C.F. ( 1978).

- Le matériel Corail

En utilisant toujours la même méthode, on peut comparer les consommations par p.k.o. du nouveau matériel Corail avec le matériel moyen en usage en 1978. La répartition du trafic entre les matériels Corail et ancien n'étant pas accessible, on ne peut pas calculer les consommations par p.k.t.

type de place	gep/p.k.o. matériel moyen	gep/p.k.o. matériel Corail
places assises 1ère Cl.	6,3	5,7
places assises 2ème Cl.	4,3	3,9
couchettes 1ère classe	11,4	9,7
couchettes 2ème classe	6,4	5,7

Source : S.N.C.F. ( 1978).

Remarque

En toute rigueur, la consommation par t.k.b.r. doit être légèrement différente pour le matériel ancien et le matériel Corail : meilleur aérodynamisme pour ce dernier, mais consommation supplémentaire pour la ventilation.



\* Consommations spécifiques suivant le type de traction

( en grammes équivalent-pétrole par tonne-kilomètre brute remorquée)

catégories de trains	lignes à voie normale					lignes à voie étroite	toutes tractions confondues
	traction électrique		traction diesel		traction à turbine à gaz (ETG) (1)		
	locomotives	automotrices	locomotives locomoteurs	autorails		automotrices électriques	
<u>trains rapides et express</u>	7,6	15,8	7,6	10,3	21,0	-	8,1
dont -T.E.E.	8,1	-	10,0	-	-	-	8,2
-rapides à supplément	8,6	-	10,4	-	22,0	-	9,1
-autres rapides express	7,5	15,8	7,3	10,3	21,0	-	8,1
<u>trains omnibus</u>	10,5	11,9	13,5	10,9	19,6	27,2	11,3

(1) turbotrains (consommation : gasole).

Source : S.N.C.F. (1978).

Remarques

- Ces consommations excluent les mouvements de matériels vides, mais comprennent les trafics de marchandises liés aux trains de voyageurs.
- On constate que les consommations spécifiques des tractions électrique et diesel sont très voisines pour les rapides express autres que les TEE et rapides à supplément.

\* Consommations des lignes de chemin de fer d'intérêt régional

région	capacité moyenne des rames (estimations)	gep/s.k.o.	coefficient de remplissage %	gep/p.k.t.
Provence	65	6,6	42,0	15,6
Corse	60	8,2	46,0	17,8

Source : Société Générale de Chemins de Fer et de Transports Automobiles (C.F.T.A.) (1979).

Ces chemins de fer sont à voie métrique. La traction est diesel (autorails).

c) Le transport par voie navigable (vedettes )

Le transport de personnes par voie navigable est peu développé en France.

Il est essentiellement à but touristique.

Voici les résultats d'une enquête réalisée en 1979 par le Port Autonome de Paris auprès des sociétés exploitant des services de vedettes sur la Seine :

nombre de places	consommation horaire litres/heure	gep/s.k.o.	gep/p.k.t.
<u>- quelques exemples de vedettes</u>			
35	12	28,5	36
112	15	11,1	14
145	25	14,3	18
250	42	13,9	17
300	25	6,9	9
500	30	5,0	6
<u>- moyenne sur 4728 sièges de passagers</u>			
(206)	(20)	8,1	10

Remarques

- Le carburant utilisé est du fuel-oil ( densité 0,83).
- Les calculs sont effectués avec une vitesse conventionnelle moyenne de 10 km/h et un coefficient de remplissage estimé à 80% ( l'offre s'adaptant à la demande).

d) Le transport aérien\* L'aviation de premier niveau

compagnie	type d'avion	utilisation	nombre de sièges moyen	capacité de fret (tonnes)	consommation horaire litres/heure	vitesse commerciale km/h	taux de remplissage passagers %	taux de remplissage fret %	gep/s.k.o. brute	gep/TK marginale	gep/s.k.o. nette	gep/p.k.t. nette
A.F. FRANCE	CARAVELLE III (SE 210)	court et moyen courrier	88	0,7	3684	445	60,2	14,3	74,3	50,6	74,3	123,3
			84	0,7	3684	445	-	-	76,0	-	-	-
			94	0,7	3684	445	-	-	69,6	-	-	-
			99	0,0	3684	445	-	-	66,1	-	-	-
	BOEING 707	moyen et long courrier	146	3,0	6992	669	61,0	39,0	55,7	67,3	55,2	50,6
			142	3,0	6747	669	-	-	56,1	-	-	-
			164	3,0	7006	669	-	-	50,4	-	-	-
			184	2,0	7006	669	-	-	45,0	-	-	-
	BOEING 727	moyen courrier	150	2,0	5127	549	62,0	35,0	49,2	113,8	48,6	78,5
	BOEING 737	court courrier (Antilles)	111	1,5	3608	495	70,3	36,7	51,9	101,0	51,4	73,1
	BOEING 747 MIXTE	long courrier vols internationaux Antilles/É.-union vacances (1972)	395	13,3	13595	762	65,6	54,7	35,7	57,4	34,6	52,8
			381	13,3	13595	762	-	-	37,0	-	-	-
			431	9,6	13595	762	-	-	32,7	-	-	-
			492	7,0	13399	762	-	-	28,2	50,9	-	-
BOEING 747 COMBINE	long courrier	280 (281)	27,6	15539	771	63,9	64,0	49,5	(162,6)	33,5	52,4	
CONCORDE	long courrier	98 (100)	0,0	25209	1498	58,2	-	135,7	-	135,7	233,2	
AIRBUS A 300	moyen et long courrier N.C. L.C. vacances (1979)	248	7,0	6256	599	63,7	41,0	37,0	73,0	36,1	56,7	
		261	7,0	6930	599	-	-	35,0	-	-	-	
		236	7,0	7127	599	-	-	39,8	-	-	-	
		309	3,5	7019	599	-	-	30,0	-	-	-	
U.T.A.	D.C.8 62	long courrier	158	4,0	6780	720	64,5	40,0	47,1	66,0	46,4	72,0
			199	7,0	7680	720	64,5	40,0	42,3	66,0	41,4	64,2
			267	13,0	10400	795	65,6	52,0	38,4	56,0	37,0	56,4

Commentaires

- Les chiffres du tableau, fournis par les compagnies, se rapportent à l'année 1978.
- On a ajouté les vols vacances, créés en 1979, et pour lesquels les remplissages ne sont pas encore disponibles.
- Pour chaque avion, on donne à la première ligne des moyennes couvrant l'ensemble des versions et des vols. Aux lignes suivantes, on précise les caractéristiques des différentes versions en service, mais on ne dispose pas de taux de remplissage suivant les versions.
- Les Boeing 737 auront disparu de la flotte d'Air France en 1980.
- Les nombres de sièges indiqués entre parenthèses pour le Boeing 747 combiné et le Concorde correspondent à leurs capacités normales; les capacités moyennes par vol sont légèrement inférieures, notamment pour le Concorde du fait de limitations réglementaires sur les vols à destination de New-York.
- Les capacités de fret, relevées dans les spécifications techniques des avions, correspondent à des charges de densité moyenne; elles peuvent donc être dépassées dans le cas de marchandises pondéreuses.
- Les consommations horaires et les vitesses commerciales sont des données "bloc à bloc", c'est-à-dire incluant les manoeuvres de décollage et d'atterrissage. Les vitesses sont définies par rapport aux distances "ortho" ( en ligne droite) et non aux distances parcourues, qui peuvent s'en éloigner légèrement du fait notamment, des couloirs de circulation aérienne.
- On a tout d'abord calculé une consommation unitaire brute en gep/ s.k.o., en n'effectuant aucune correction pour tenir compte de l'influence du fret sur la consommation.

Il existe différentes méthodes permettant de corriger la consommation entraînée par le fret. Toutes ont leurs défauts !... La méthode retenue ici consiste à considérer que dans tous les avions mixtes (avions transportant essentiellement des voyageurs), le fret est un chargement marginal : on retranche donc de la consommation kilométrique observée la consommation marginale entraînée par un chargement supplémentaire de l'avion égal au fret moyen transporté. Pour le Boeing 747 combiné toutefois, on ne peut plus considérer le fret comme marginal : on retranche alors de la consommation kilométrique, le produit de la consommation unitaire par tonne-kilomètre-offerte observée sur la version cargo ( c.f. paragraphe 3.2.4.), par le fret offert sur la version combiné.

Cette dernière méthode, qui attribue une partie de la consommation fixe (c'est-à-dire à vide) de l'avion au fret, aurait pu être appliquée également au Boeing 707 mixte, au Boeing 747 mixte et au DC8 qui existent tous trois en version cargo, et aurait abouti à des consommations unitaires nettes un peu inférieures à celles calculées par la méthode précédente. Comme cette seconde méthode ne pouvait être appliquée aux autres avions, elle n'a pas été retenue, afin de permettre des comparaisons entre des résultats qui soient calculés de la même manière pour tous les avions.

- Tous les avions considérés consomment du carburéacteur ( densité 0,790).